

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
Kolegium Nauk o Zarządzaniu i Jakości
Instytut Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem
Katedra Technologii i Ekologii Wytrobów

dr inż. Artur Jachimowski

AUTOREFERAT

**Przedstawiający omówienie dorobku oraz osiągnięć
w pracy badawczo-naukowej**

Kraków, 2022

Spis treści

1. Imię i nazwisko.	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne - z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.	4
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.).....	6
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	6
4.2. Publikacja stanowiąca ww. osiągnięcie naukowe (autor, tytuł publikacji, nazwa wydawnictwa, rok wydania, recenzenci wydawniczy	6
4.3. Omówienie celu naukowego prac stanowiących osiągnięcie naukowe i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ewentualnego wykorzystania.	7
4.4. Wkład osiągnięcia w rozwój dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości.....	23
4.5. Wykaz cytowanej literatury.....	26
4.6. Pozostałe osiągnięcia naukowe	28
4.6.1. Osiągnięcia naukowe przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora.....	28
4.6.2. Osiągnięcia naukowe po uzyskaniu stopnia naukowego doktora.....	33
4.6.3. Wkład w rozwój dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości.....	47
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	48
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	52

1. Imię i nazwisko.

Artur Jachimowski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne - z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

▪ **2013 - 2016 Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie**

Wydział Towaroznawstwa, w dniu 10 marca 2016 r. uzyskałem stopień doktora nauk ekonomicznych w zakresie towaroznawstwa. **Praca została obroniona z wyróżnieniem.** Tytuł rozprawy doktorskiej: *Czynniki kształtujące jakość wody pitnej miasta Krakowa.*

Promotor: Prof. dr hab. Wacław Adamczyk

Recenzent 1: Prof. dr hab. inż. Piotr Przybyłowski

Katedra Towaroznawstwa i Zarządzania Jakością, Wydział Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa Akademii Morskiej w Gdyni

Recenzent 2: Prof. UEK, dr hab. Tadeusz Fijał

Katedra Technologii i Ekologii Wyrobów, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie.

▪ **2014 - 2015 Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie**

Studium Pedagogiczne przy Katedrze Psychologii i Dydaktyki, Kurs doskonalenia pedagogicznego dla nauczycieli akademickich.

▪ **2010 - 2011 Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie**

Wydział Towaroznawstwa, kierunek: Towaroznawstwo, specjalność: Zarządzanie jakością wyrobów (magister). Temat pracy magisterskiej: *Ocena jakości wód pitnych miasta Krakowa.*

• **2008 - 2010 Uniwersytet Jagielloński**

Wydział Chemii, kierunek: Ochrona Środowiska, specjalność: Chemia Środowiska (magister). Temat pracy magisterskiej: *Czynniki kształtujące chemizm wód tatrzańskich, ze szczególnym uwzględnieniem metodyki badań stężenia jonów.*

- **2008 - 2010** **Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki**
Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i inżynieria produkcji,
specjalność: Zarządzanie przedsiębiorstwem (magister inżynier). Temat
pracy magisterskiej: *Badanie innowacyjności polskich przedsiębiorstw
przemysłu maszynowego.*

- **2007 – 2010** **Uniwersytet Jagielloński**
Studia podyplomowe, kwalifikujące do nauczania chemii na wszystkich
szczeblach edukacyjnych.

- **2005 - 2008** **Uniwersytet Jagielloński**
Wydział Chemii, kierunek: Ochrona Środowiska (licencjat) Temat pracy
licencjackiej: *Wykorzystanie chemicznych metod analizy, do oznaczania
grup karbonylowych na zdegradowanej celulozie.*

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

01.07.2016 – nadal

stanowisko:

obowiązki:

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Adiunkt w Katedrze Technologii i Ekologii Wytrobów

Prowadzenie zajęć wykładowych z przedmiotów: Procesy i techniki produkcyjne dla kierunku Logistyka Międzynarodowa (studia I stopnia), Zarządzanie gospodarką odpadami dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji (studia I stopnia), Technologie i organizacja czystszej produkcji dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji (studia I stopnia), Zintegrowane systemy wytwarzania dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji (studia II stopnia), Technologie czystszej produkcji i gospodarka odpadami dla kierunku Towaroznawstwo (studia II stopnia);

Prowadzenie zajęć ćwiczeniowych z przedmiotów: Procesy i techniki produkcyjne dla kierunku Logistyka Międzynarodowa (studia I stopnia).

01.10.2017 – 30.06.2017

stanowisko:

obowiązki:

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Wykładowca zatrudniony na umowę o dzieło

Prowadzenie zajęć ćwiczeniowych i wykładowych z przedmiotu Inżynieria procesów przemysłowych dla kierunku Metody i techniki zarządzania procesowego w ramach studiów podyplomowych.

01.10.2016 – 28.02.2020

stanowisko:

obowiązki:

Wyższa Szkoła Turystyki i Ekologii w Suchej Beskidzkiej

Wykładowca zatrudniony na umowę o dzieło

Prowadzenie zajęć ćwiczeniowych i wykładowych na studiach podyplomowych z przedmiotów: Elementy towaroznawstwa dla kierunku Reklama i Public Relations dla Nauczycieli oraz Towaroznawstwo dla kierunku Gastronomia i Żywnienie Człowieka dla Nauczycieli.

01.03.2013 – 30.06.2016

stanowisko:

obowiązki:

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Asystent w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów

Prowadzenie zajęć ćwiczeniowych z przedmiotów: Inżynieria procesów przemysłowych dla kierunku Towaroznawstwo (studia I stopnia), Procesy i techniki produkcyjne dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria produkcji (studia I stopnia), Technologia dla kierunku Towaroznawstwo (studia I stopnia).

01.10.2012 – 28.02.2013

stanowisko:

obowiązki:

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Wykładowca w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów

Prowadzenie zajęć ćwiczeniowych z przedmiotów: Inżynieria procesów przemysłowych dla kierunku Towaroznawstwo (studia I stopnia), Procesy i techniki produkcyjne dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria produkcji (studia I stopnia), Technologia dla kierunku Towaroznawstwo (studia I stopnia).

01.10.2011 – 30.06.2012

stanowisko:

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Pracownik dydaktyczny w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów

obowiązki:

Prowadzenie zajęć ćwiczeniowych z przedmiotów: Inżynieria procesów przemysłowych dla kierunku Towaroznawstwo (studia I stopnia), Procesy i techniki produkcyjne dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria produkcji (studia I stopnia), Technologia dla kierunku Towaroznawstwo (studia I stopnia).

07.09. – 02.10.2009

Praktyka nauczycielska w Liceum Ogólnokształcącym im. Mikołaja Kopernika w Tarnobrzegu. Nauczanie chemii.

03.09. – 29.09.2008

Praktyka nauczycielska w Publicznym Gimnazjum w Łoniowie. Nauczanie chemii.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

*Zarządzanie procesami logistycznymi w przedsiębiorstwach
przetwarzających odpady komunalne*

4.2. Publikacja stanowiąca ww. osiągnięcie naukowe (autor, tytuł publikacji, nazwa wydawnictwa, rok wydania, recenzenci wydawniczy

Jachimowski A., (2021), *Zarządzanie procesami logistycznymi w przedsiębiorstwach przetwarzających odpady komunalne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, s. 201, [ISBN 978-83-7252-845-2]. **120 pkt MEiN.**

Monografia ta uzyskała dwie pozytywne recenzje wydawnicze. Recenzentami wydawniczymi byli:

- Prof. dr hab. Tadeusz Borys, Katedra Zarządzania Środowiskiem i Gospodarką Publiczną, Wydział Ekonomii i Zarządzania Uniwersytetu Zielonogórskiego,
- Prof. zw. dr hab. Andrzej Korzeniowski, Wyższa Szkoła Logistyki w Poznaniu.

Mój udział procentowy w powstanie tej publikacji wynosi 100%.

4.3. Omówienie celu naukowego prac stanowiących osiągnięcie naukowe i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ewentualnego wykorzystania.

Rozwój gospodarczy i intensyfikacja konsumpcji sprawiły, że zagospodarowanie rosnącej ilości odpadów komunalnych¹ stało się wyzwaniem. Zarządzanie gospodarką odpadami komunalnymi jest niezwykle trudnym zadaniem; niezbędny jest zrównoważony rozwój na wielu polach, tj. ekonomicznym, ekologicznym oraz społecznym. Podstawą tego systemu ma być ochrona środowiska, oszczędne gospodarowanie surowcami i dobrami naturalnymi oraz utrzymanie czystości i porządku. Realizacja tych założeń wymaga budowy odpowiedniej infrastruktury, by bezpiecznie zbierać, segregować, transportować oraz wykorzystywać lub unieszkodliwiać odpady. Dlatego też pojawiło się nowe podejście do gospodarki odpadami, by z jednej strony wytwarzać coraz mniej odpadów, a z drugiej – wykorzystywać wszystkie powstające odpady jako zasób. Wartość stałych odpadów komunalnych jest niewielka, ale może zostać znacząco podwyższona w wyniku odpowiedniego gromadzenia, zbierania, a następnie segregowania i przetransportowania w odpowiednie miejsca, w których stają się materiałem mogącym znaleźć zastosowanie w różnych gałęziach gospodarki. Odpady nadal mogą posiadać określone cechy użytkowe, mogą zatem być wykorzystane do wytwarzania nowych wyrobów, surowców wtórnych bądź energii, co pozwala zmniejszyć obciążenie środowiska. Niskie koszty pozyskania surowców wtórnych w stosunku do kosztów pozyskania surowców naturalnych (pierwotnych) oraz stosowanie złożonych procesów technologicznych powodują, że niektóre odpady mogą stanowić

¹ Dane publikowane przez Eurostat wskazują, że w Polsce zwiększa się ilość wytworzonych odpadów komunalnych w przeliczeniu na jednego mieszkańca. W 2014 r. wynosiła ona 272 kg, w 2015 r. – 286 kg, w 2016 r. – 307 kg, a w 2017 r. – 315 kg. Dane GUS potwierdzają dynamikę wzrostu i wskazują na przybliżone wartości tego wskaźnika w skali rocznej, tj. w 2014 r. – 268 kg, w 2015 r. – 283 kg, w 2016 r. – 303 kg, w 2017 r. – 311 kg. W 2017 r. wytworzono 11 969 tys. ton stałych odpadów komunalnych, co stanowi wzrost o 2,7% w stosunku do 2016 r. i o 16% w stosunku do 2014 r. (*Ochrona środowiska*, GUS, Warszawa 2015–2018). Założenia Krajowego Planu Gospodarki Odpadami przewidują dalszy wzrost ilości wytwarzanych odpadów komunalnych o 10,89% w 2030 r. w stosunku do 2014 r. (Uchwała nr 88 Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2016 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2022, M.P. poz. 784; dalej: KPGO 2022).

wartościowy materiał nadający się do dalszego wykorzystania. Aby uzyskać w ten sposób jak największą liczbę dóbr, należy odpowiednio zaplanować podstawowe procesy logistyczne. Z czasem przekonano się również, że potrzebne jest stworzenie przemyślanej koncepcji logistycznego zarządzania odpadami ze względu na ochronę ludzkiego zdrowia i środowiska. By gospodarka odpadami była efektywna i skuteczna, musi być wspierana przez rozwiązania logistyczne. Powyższe obserwacje były dla mnie **motywem do podjęcia się niniejszej problematyki**. Tym samym powstała monografia jest pierwszym w skali kraju opracowaniem teoretycznym i praktycznym dotyczącym zarządzania procesami logistycznymi w dużej aglomeracji miejskiej. Wyniki uzyskane w ramach oceny cyklu życia dla funkcjonującego systemu gospodarki odpadami oraz opracowane modele optymalizacyjne pozwolą podjąć świadome i właściwe decyzje na rzecz racjonalnego gospodarowania odpadami komunalnymi.

Dynamiczny rozwój gospodarki odpadami wiąże się z kwestiami dotyczącymi ochrony środowiska i przepisami przenoszącymi na wytwórców odpowiedzialność za cały cykl życia produktu. Celem logistyki odpadów jest więc wprowadzanie rozwiązań optymalnych, w tym niezagrażających środowisku na etapie zagospodarowania odpadów². Logistyka odpadów obejmuje wszystkie działania związane z organizowaniem i udoskonalaniem łańcuchów usuwania odpadów, zajmuje się zatem: planowaniem, organizacją, realizacją i kontrolą przepływu odpadów, a także związanymi z nimi informacjami, od miejsca ich powstawania, przez magazynowanie, aż do miejsca ich zagospodarowania lub likwidacji, przy założeniu minimalnego oddziaływania na środowisko i przy optymalnym zaangażowaniu środków finansowych³.

Zarządzanie odpadami komunalnymi wymaga kompleksowych i planowanych działań. Zróżnicowany skład odpadów, sposób ich zbiórki i transportu, mnogość dostępnych metod przetwarzania oraz wiele innych czynników powodują, że dostępnych jest wiele wariantów zagospodarowania odpadów komunalnych. Niezwykle pomocnymi narzędziami w ocenie tych systemów są ocena cyklu życia (*life cycle assessment* – LCA) oraz analityczny proces hierarchiczny (*analytic hierarchy process* – AHP).

Ocena cyklu życia jest metodyką oceny zagrożeń środowiskowych i potencjalnych wpływów środowiskowych. Jednym z podstawowych zadań LCA w całym okresie życia procesu wytwórczego, produktu lub systemu jest badanie ich potencjalnych wpływów na

² A. Wiktorowska-Jasik, *Ekologistyka – nakaz ustawowy, moda czy wyzwanie dla przedsiębiorstw XXI wieku*, „Logistyka” 2011, nr 6, s. 4484–4494.

³ A. Górnjak-Bodziany, M. Bodziany, *Ekologistyka – wyzwanie czy warunek konieczny funkcjonowania SZRP*, „Zeszyty Naukowe WSOWL” 2008, nr 1(147), s. 242–253.

środowisko. Metodyka ta umożliwia więc ocenę wpływów środowiskowych, które wynikają z poszczególnych etapów życia wyrobu. Ocena cyklu życia może być traktowana jako narzędzie wspomagające przy podejmowaniu decyzji o wyborze najkorzystniejszego sposobu projektowania nowych wyrobów lub technologii oraz rozwoju już istniejących. Zastosowanie LCA w systemach gospodarki odpadami produktu, dystrybucji, użycia, ponownego wykorzystania, recyklingu, aż po ostateczne unieszkodliwianie jest przydatne do określenia rzeczywistego wpływu różnych rozwiązań na środowisko i w konsekwencji wyboru najmniej uciążliwego dla środowiska.

W literaturze szeroko analizowano wykorzystanie modeli oceny cyklu życia w systemach gospodarki odpadami⁴. Na szczególną uwagę zasługują publikacje opisujące zastosowanie polskiej aplikacji modelu IWM-PL, opracowanej przez A. Kraszewskiego i E. Pietrzyk-Sokulską⁵, a także artykuły K. Grzesik-Wojtysiak dotyczące metody LCA zastosowanej do krakowskiego systemu gospodarki odpadami komunalnymi⁶. Na podstawie

⁴ K. Koneczny, *Zastosowanie LCA do oceny wariantów zagospodarowania odpadów komunalnych*, „Rocznik Ochrona Środowiska” 2002, t. 4, s. 303–317; B. Bieda, *Decision Support Systems Based on the Life Cycle Inventory (LCI) – Part of a Life Cycle Assessment (LCA) for Municipal Solid Waste (MSW) Management Case Study*, „Archiwum Gospodarki Odpadami” 2006, vol. 4, s. 13–32; K. Grzesik, *Wprowadzenie do oceny cyklu życia (LCA) – nowej techniki w ochronie środowiska*, „Inżynieria Środowiska” 2006, t. 11, z. 1, s. 101–113; W. Schluchter, M. Rybaczevska-Błazejowska, *Life Cycle Sustainability Assessment of Municipal Waste Management Systems*, „Management” 2012, vol. 16, nr 2, s. 361–372; E. den Boer, R. Szpadt, *Ocena cyklu życia systemu gospodarki odpadami na przykładzie Wrocławia*, „Ochrona Środowiska” 2012, vol. 34, nr 3, s. 39–44; J. Kulczycka, Ł. Lelek, *Modelowanie systemu gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce z wykorzystaniem metody LCA*, „Handel Wewnętrzny” 2012, t. 3, s. 71–80; M. Dębicka, M. Żygadło, *LCA jako metoda wspomagająca zarządzanie odpadami*, „Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska” 2013, vol. 15, nr 1, s. 37–46; A. Lesiuk, P. Oleszczuk, M. Kuśmierz, *Zastosowanie techniki LCA w ekologicznej ocenie produktów, technologii i gospodarce odpadami (w:) Adsorbenty i katalizatory: wybrane technologie a środowisko*, red. R. Ryczkowski, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów 2012, s. 453–466; K. Grzesik, M. Usarz, *A Life Cycle Assessment of the Municipal Waste Management System in Tarnów*, „Geomatics and Environmental Engineering” 2016, vol. 10, nr 2, s. 29–38; E. Blikra Ve, V. Martinez-Sanchez, M. Thomsen, *A Review of Waste Management Decision Support Tools and Their Ability to Assess Circular Biowaste Management Systems*, „Sustainability” 2018, vol. 10, nr 3720, s. 1–27.

⁵ *Ocena systemu gospodarki odpadami. Część I: Uwarunkowania prawne i technologiczne oraz kryteria oceny funkcjonowania gospodarki odpadami*, red. A. Kraszewski, E. Pietrzyk-Sokulska, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2011; *Ocena systemu gospodarki odpadami. Część II: Praktyczne zastosowania*, red. A. Kraszewski, E. Pietrzyk-Sokulska, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2011; *Ocena systemu gospodarki odpadami. Część III: Program komputerowy*, red. A. Kraszewski, E. Pietrzyk-Sokulska, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2011.

⁶ K. Grzesik, *Application of the IWM-PL Model for the Life Cycle Assessment (LCA) of Municipal Waste Management in Kraków. Part 1*, „Geomatics and Environmental Engineering” 2013, vol. 7, nr 3, s. 35–55; K. Grzesik, *Application of the IWM-PL Model for the Life Cycle Assessment (LCA) of Municipal Waste Management in Kraków. Part 2*, „Geomatics and Environmental Engineering” 2013, vol. 7, nr 4, s. 43–58;

K. Grzesik-Wojtysiak, *Ocena modelu IWM-PL – polskiej aplikacji do analizy cyklu życia systemów gospodarki odpadami*, „Czasopismo Inżynierii Ładowej, Środowiska i Architektury” 2013, z. 60, nr 3, s. 101–115; K. Grzesik, R. Kozakiewicz, B. Bieda, *Life Cycle Assessment for Landfilling, Incineration and Mechanical-Biological Treatment of Residual Waste for Krakow city (Poland) (w:) GeoConference on Energy and Clean Technologies 17–26, June, 2014, Albena, Bulgaria: Conference Proceedings*, Vol. 2: Nuclear Technologies, Recycling, Air Pollution and Climate Change, Sofia, s. 143–150; K. Grzesik, *Comparative Environmental Impact Assessment of the Landfilling and Incineration of Residual Waste in Krakow*, „Environment Protection Engineering” 2017, vol. 43, nr 4, s. 135–148.

analizy powyższej literatury można stwierdzić, że główną **luką badawczą** jest brak badań systemu gospodarki odpadami komunalnymi w Krakowie z funkcjonującą od 2017 r. w pełnej eksploatacji instalacją do termicznego przekształcania odpadów, w których wykorzystano by metodę LCA. **Brakuje również** opracowań dotyczących wpływu transportu odpadów komunalnych na środowisko i wykorzystania tego faktu w optymalizacji tras w całym systemie gospodarki odpadami.

Analityczny proces hierarchiczny jest metodą wielokryterialnego wspomaganie decyzji (WWD), polegającą na przedstawieniu problemu decyzyjnego w postaci struktury hierarchicznej, na której szczycie znajduje się zdefiniowany cel decyzyjny, pod nim wpływające na niego kryteria (w ich ramach mogą być określone subkryteria), a na samym dole warianty decyzyjne. Tak zbudowany model decyzyjny zawiera elementy, które są ze sobą w określony sposób powiązane. Elementy te mogą być grupowane w zbiory, zwane często skupieniami, pękami lub klastrami (*clusters*)⁷. Główną zaletą tej techniki jest możliwość porównywania kryteriów jakościowych z ilościowymi. Natomiast właściwością wyróżniającą metodę AHP jest złożony wielopoziomowy model przedstawiany w ujęciu hierarchicznym. Przykłady zastosowania wielokryterialnej analizy z wykorzystaniem metody analitycznego procesu hierarchicznego przy dokonywaniu wyborów w systemie gospodarki odpadami przedstawiono w opracowaniach A. Generowicz, a także innych autorów⁸.

Podjęty **problem badawczy** został sformułowany jako pytanie: „w jaki sposób narzędzia wspomaganie decyzji, takie jak ocena cyklu życia i analityczny proces hierarchiczny,

⁷ A. Prusak, P. Stefanów, *AHP – analityczny proces hierarchiczny. Budowa i analiza modeli decyzyjnych krok po kroku*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2014.

⁸ A. Generowicz, A. Kraszewski, *Analiza wielokryterialna lokalizacji zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych w Krakowie*, „Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska” 2008, vol. 7, s. 73–88; A. Wota, A. Woźniak, *Metodyka wyboru lokalizacji składowisk odpadów komunalnych*, „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich” 2008, nr 8, s. 143–156; A. Generowicz, R. Koneczna, *Kryteria oceny projektów inwestycyjnych w gospodarce odpadami*, „Prace Instytutu Nafty i Gazu” 2009, nr 164, s. 141–152; E. Osuch, A. Osuch, P. Rybacki, A. Przybylak, T. Buchwald, *Analysis of the Factors Influencing the Decision about Segregation by People Not Segregating the Municipal Waste with Using the AHP Method*, „Journal of Ecological Engineering” 2016, vol. 17, nr 4, s. 255–263; T. Stypka, A. Generowicz, *Wypracowywanie ostatecznej decyzji wyboru gospodarki odpadami za pomocą metody AHP na przykładzie Krakowa*, „Kompleksowe Zarządzanie Gospodarką Odpadami” 2009, s. 407–419; A. Generowicz, A. Henclik, J. Kulczycka, Z. Kowalski, *Evaluation of Technology Solutions for Municipal Waste Incineration Using LCA Results and Multi-Criteria Analysis*, „Journal of Environmental Accounting and Management” 2015, vol. 3, nr 2, s. 169–180; A. Generowicz, K. Gąska, G. Hajduga, *Multi-criteria Analysis of the Waste Management System in a Metropolitan Area*, „E3S Web of Conferences” 2018, vol. 44, s. 1–8; A. Generowicz, K. Gąska, *Porównanie różnych metod analizy wielokryterialnej wykorzystanych w wyborze systemu gospodarki odpadami*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 2014, nr 8, s. 311–315; A. Generowicz, R. Iwanejko, *Wybór optymalnego rozwiązania systemu selektywnej zbiórki odpadów komunalnych przy niepewnej sytuacji rynkowej*, „Logistyka” 2015, nr 3, s. 1414–1422; T. Stypka, A. Flaga-Maryńczyk, *Możliwości stosowania zmodyfikowanej metody AHP w problemach inżynierii środowiska*, „Ekonomia i Środowisko” 2016, nr 2, s. 37–53; J. Frączek, A. Wota, A. Woźniak, *Propozycja modelu decyzyjnego wyboru oferty przetargowej na realizację zadań gospodarki odpadami komunalnymi z zastosowaniem wielokryterialnej metody AHP*, „Logistyka” 2015, nr 4, s. 3248–3255.

mogą wpłynąć na zarządzanie procesami logistycznymi w zakładach przetwarzających odpady komunalne oraz w ich otoczeniu?”. Skoncentrowano się na procesach logistycznych wewnątrz zakładów przetwarzających odpady komunalne, jak również w obrębie systemu gospodarki odpadami, którego są nieodzownym elementem. Kluczowe kwestie przedstawiono podczas modelowania oceny cyklu życia systemu gospodarki odpadami komunalnymi Krakowa oraz opracowania analizy hierarchicznej problemów decyzyjnych. Metoda LCA stosowana w gospodarce odpadami pozwala na identyfikację i hierarchizację występujących zagrożeń w odniesieniu do powietrza i wody. Natomiast rozwiązywanie problemów decyzyjnych w gospodarce odpadami komunalnymi stanowi jeden z kluczowych aspektów zarządzania logistycznego. W związku z tym uznano za ważne i konieczne opracowanie modeli decyzyjnych dotyczących wyboru: lokalizacji zakładu termicznego przekształcania odpadów, środka transportu odpadów do miejsca przetwarzania, firmy transportującej odpady do instalacji, trasy transportu odpadów do instalacji, systemu wspomagającego procesy logistyczne oraz najkorzystniejszej metody przetwarzania odpadów komunalnych, a także zaproponowanie ogólnego modelu decyzyjnego w procesach logistycznych.

Celem niniejszej monografii było opracowanie procedury rozwiązywania problemów decyzyjnych w działalności logistyczno-transportowej zakładów przetwarzających odpady komunalne. Opracowano modele stanowiące narzędzia w doskonaleniu procesów logistycznych. Wymierną korzyścią ich zastosowania będzie wzrost efektywności technologicznej i obniżenie kosztów zagospodarowania odpadów. Ponadto mogą one stanowić wsparcie procesów decyzyjnych zarządzania procesami logistycznymi w całym systemie gospodarki odpadami komunalnymi.

Osiągnięcie głównego celu pracy wiązało się z potrzebą realizacji czterech **celów szczegółowych**:

- 1) identyfikacji procesów logistycznych w instalacjach przetwarzania odpadów komunalnych (**C1**);
- 2) wykorzystania metody LCA do oceny systemu gospodarki odpadami komunalnymi Krakowa (**C2**);
- 3) wyznaczenia kluczowych kryteriów przy podejmowaniu decyzji w związku z zagospodarowaniem odpadów komunalnych (**C3**);
- 4) zastosowania metodyki analitycznego procesu hierarchicznego (AHP) w analizie problemów decyzyjnych w systemie gospodarki odpadami komunalnymi (**C4**).

Przyjęto następującą **hipotezę wyjściową**: ocena cyklu życia (LCA) i metodyka analitycznego procesu hierarchicznego (AHP) są skutecznymi narzędziami rozwiązywania

wielopoziomowego, wielokryterialnego problemu decyzyjnego z zakresu zarządzania procesami logistycznymi w zakładach przetwarzających odpady komunalne oraz w ich otoczeniu.

Postawione cele badawcze posłużyły do weryfikacji następujących **hipotez szczegółowych** będących dekompozycją hipotezy głównej:

- analiza LCA jest skutecznym narzędziem pozwalającym w sposób kompleksowy ocenić wpływ systemu gospodarki odpadami komunalnymi na środowisko z jednoczesną hierarchizacją jego elementów na podstawie kwantyfikowalnych wskaźników (**H1**);
- zwiększenie długości tras transportu między instalacjami przetwarzania nie powoduje istotnego wpływu na środowisko w granicach badanego systemu, co można udowodnić, wykorzystując metodę LCA (**H2**);
- korzyść z efektywności energetycznej instalacji technologii rusztowej wymaganej w ustawie o odpadach (powyżej 0,65) osiągniętej przez zakład termicznego przekształcania odpadów dorównuje jego wpływowi na środowisko (**H3**);
- budowa modeli decyzyjnych z wykorzystaniem metody AHP w ujęciu logistyki odpadów umożliwia kwantyfikację potencjalnych efektów ekonomicznych i ekologicznych oraz optymalizację procesów transportowych (**H4**);
- połączenie techniki LCA i AHP jest przydatne do opracowania modelu decyzyjnego będącego skutecznym narzędziem doskonalenia procesów logistycznych w obrębie systemu gospodarki odpadami komunalnymi (**H5**).

Przedmiotem analiz były strumienie masowe odpadów i energetyczne zasilenia w badanych instalacjach przetwarzających odpady komunalne wykorzystane w metodzie LCA oraz czynniki warunkujące identyfikację kryteriów przy podejmowaniu decyzji metodą AHP w związku z zagospodarowaniem odpadów komunalnych.

Podmiotami badań prowadzonych na potrzeby niniejszej monografii były regionalne instalacje przetwarzania odpadów komunalnych (RIPOK)⁹ w Krakowie, takie jak:

- instalacja do mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych o przepustowości do 100 000 Mg/rok z możliwością sortowania odpadów komunalnych selektywnie zbieranych (tzw. suchej frakcji) do 50 000 Mg/rok;
- instalacja do przetwarzania (kompostowania) selektywnie zebranych odpadów zielonych i innych bioodpadów o wydajności do 16 000 Mg/rok;

⁹ Na podstawie art. 6d ust. 4 pkt 5 Ustawy z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. poz. 1579) uzyskały one status instalacji komunalnych.

- instalacja do składowania odpadów, z wyłączeniem odpadów obojętnych, o zdolności przyjmowania ponad 10 Mg odpadów na dobę lub o całkowitej pojemności ponad 25 000 Mg;
- instalacja do termicznego przekształcania odpadów innych niż niebezpieczne o zdolności przetwarzania ponad 3 Mg odpadów na godzinę.

Strukturę monografii tworzy sześć rozdziałów z wyraźnym podziałem na dwie części. Pierwsza obejmuje cztery pierwsze rozdziały o charakterze opisowo-przeglądowym, druga – dwa rozdziały o charakterze metodyczno-badawczym.

W rozdziale pierwszym o charakterze opisowo-przeglądowym omówiono najważniejsze terminy i podstawy prawne z zakresu gospodarki odpadami. W pierwszej kolejności przedstawiono różne definicje odpadu, ze szczególnym uwzględnieniem odpadów komunalnych. Następnie dokonano klasyfikacji odpadów zgodnie z ustawą o odpadach oraz uwzględniono sposób klasyfikacji według katalogu odpadów. Scharakteryzowano podstawowy akt prawny obowiązujący w Unii Europejskiej i krajowe akty prawne w zakresie polityki odpadowej. W ramach charakterystyki odpadów komunalnych zidentyfikowano rodzaje i źródła powstawania odpadów komunalnych oraz przedstawiono skład odpadów komunalnych w Polsce, mając na uwadze szczególnie skład morfologiczny odpadów w Krakowie. Na koniec przedstawiono wyniki analizy ilości wytwarzanych odpadów komunalnych z terenu Gminy Miejskiej Kraków w latach 2014–2018.

W rozdziale drugim omówiono rolę logistyki odpadów w gospodarowaniu odpadami komunalnymi. Zaprezentowano zagadnienia z zakresu zarządzania procesami logistycznymi, następnie miejsce i rolę logistyki w naukach o zarządzaniu oraz cele zarządzania procesami logistycznymi. Następnie przedstawiono różne definicje logistyki odpadów oraz rozróżniono pojęcia logistyki utylizacji i ekologii. Dużą uwagę poświęcono analizie roli transportu w gospodarce odpadami komunalnymi. Na koniec przedstawiono charakterystykę lokalnego systemu gospodarki odpadami komunalnymi na obszarze Krakowa, opisując model tej gospodarki i elementy systemu.

W trzecim rozdziale poruszano zagadnienia z zakresu inżynierii środowiska, w szczególności w odniesieniu do metod przetwarzania odpadów komunalnych stosowanych w badanych zakładach. Dokonano przeglądu i charakterystyki poszczególnych technologii przetwarzania odpadów komunalnych, takich jak: przetwarzanie mechaniczno-biologiczne, kompostowanie, składowanie oraz termiczne przekształcanie odpadów komunalnych. Opis każdej z metod przetwarzania odpadów komunalnych poprzedzony był podrozdziałem opisowo-teoretycznym, w którym dokonano ogólnej charakterystyki procesu przetwarzania

odpadów ze wskazaniem tendencji rozwojowych dla danej technologii. Następnie dla każdej scharakteryzowanej instalacji przedstawiono analizy ilościowe przetwarzania odpadów komunalnych w latach 2014–2018.

W rozdziale czwartym zaprezentowano organizację procesów logistycznych w instalacjach przetwarzania odpadów. W pierwszej kolejności przedstawiono rolę systemów informatycznych we wspomaganiu procesów logistycznych w zakładach przetwarzania odpadów komunalnych. Następnie zidentyfikowano procesy logistyczne w kolejnych etapach przetwarzania odpadów: mechaniczno-biologicznego przetwarzania, kompostowania, składowania oraz termicznego przekształcania odpadów. W tej części szczególną uwagę poświęcono następującym zagadnieniom: przyjęciu odpadów do zakładu, sposobom magazynowania odpadów przeznaczonych do przetwarzania, zbieraniu, transportowi i zagospodarowaniu odpadów powstałych w wyniku eksploatacji instalacji oraz monitoringowi i kontroli gospodarowania odpadami w zakładzie termicznego przekształcania.

Rozdział piąty o charakterze metodyczno-badawczym przedstawia logistykę odpadów komunalnych w ujęciu oceny cyklu życia (LCA). W pierwszej kolejności określono istotę i możliwość wykorzystania metody LCA w gospodarce odpadami komunalnymi. Następnie opracowano model oceny cyklu życia dla systemu gospodarki odpadami komunalnymi Krakowa w 2018 r. Przeprowadzone badania miały na celu obliczenie wpływów środowiskowych tego systemu. Kolejnym krokiem była ocena cyklu życia i omówienie uzyskanych wyników.

Rozdział szósty, podobnie jak poprzedni o charakterze metodyczno-badawczym, przedstawia wielokryterialne problemy decyzyjne w logistyce odpadów. Scharakteryzowano w nim metody wielokryterialnego wspomagania decyzji (WWD) z uwzględnieniem podstawowych założeń i kryteriów wyboru metody wielokryterialnej. Następnie omówiono zastosowanie analitycznego procesu hierarchicznego (AHP) w logistyce odpadów. Na koniec przedstawiono przykłady zastosowania metodyki AHP w analizie problemów decyzyjnych do sześciu modeli podejmowania wyboru: lokalizacji zakładu termicznego przekształcania odpadów, wyboru środka transportu odpadów do miejsca przetwarzania, firmy transportującej odpady do instalacji, trasy transportu odpadów do instalacji, systemu wspomagającego procesy logistyczne oraz najkorzystniejszej metody przetwarzania odpadów komunalnych. Zaproponowane modele posiadają zastosowanie aplikacyjne.

Pracę kończy **podsumowanie**, w którym przedstawiono najważniejsze zagadnienia wynikające z realizacji założeń badawczych oraz weryfikacji przyjętych hipotez, a także problemów badawczych o charakterze metodycznym, poznawczym oraz aplikacyjnym. Na

końcu został zaproponowany model ogólny wsparcia procesu decyzyjnego w systemie gospodarki odpadami komunalnymi o charakterze interaktywnym. Ponadto dokonano identyfikacji problemów otwartych, które wymagają dalszych badań.

Wymagania stawiane nowoczesnym systemom gospodarki odpadami są olbrzymie. Oczekuje się, by były wydajne technicznie, efektywne ekonomicznie i społecznie akceptowane, a także oparte na najlepszych zachodnioeuropejskich wzorcach oraz bezpieczne dla środowiska. Efektywność gospodarki stałymi odpadami komunalnymi zależy głównie od sposobu zorganizowania procesów logistycznych w jej obrębie. Znaczenie logistyki w gospodarce odpadami nie ogranicza się tylko do organizacji odbioru odpadów, lecz w szczególności wpływa na poziom efektywności przepływów różnych strumieni odpadów w całym łańcuchu usuwania, m.in. przez odpowiedni dobór floty i optymalizację tras. Do tworzenia zintegrowanej logistycznie gospodarki odpadami przyczynia się również istotnie wydajność zakładów do przetwarzania odpadów.

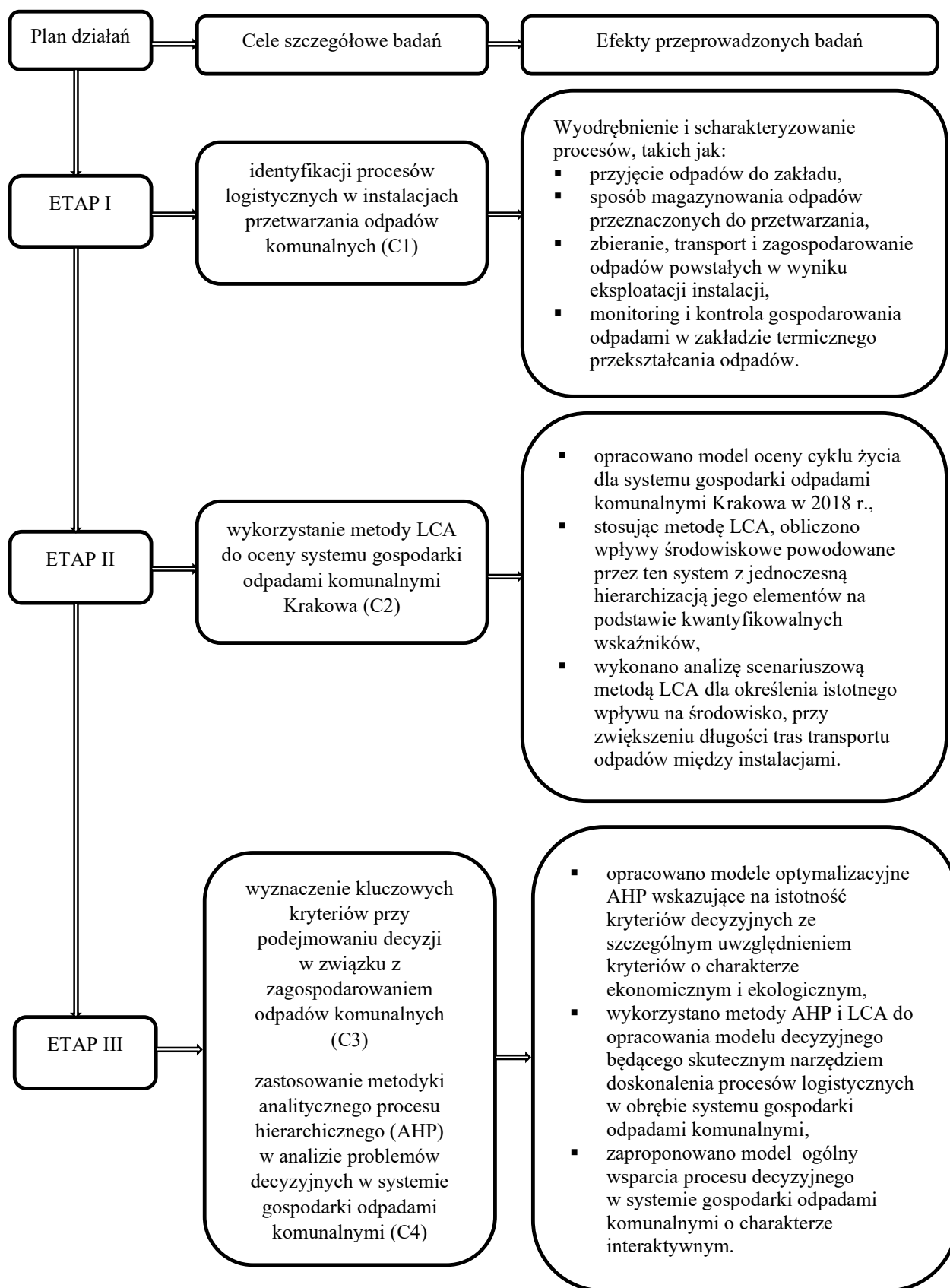
Odbiór odpadów od mieszkańców i ich transport do miejsca przetwarzania jest kluczowym elementem systemu. Dlatego też dąży się do optymalizacji rozwiązań dotyczących procesów transportowych (minimalny czas transportu, minimalna długość trasy przejazdu, minimalne koszty transportu). Celem jest osiągnięcie oczekiwanej skuteczności przepływów w łańcuchu odpadów z jednoczesnym zapewnieniem satysfakcji klientów (podmiotów wytwarzających odpady) oraz uzyskanie wysokiego poziomu ochrony środowiska. Lokalizacja obiektów infrastrukturalnych powinna zatem wynikać w pierwszej kolejności z racjonalizacji gospodarki odpadami.

W przypadku krakowskiego systemu gospodarki odpadami istnieją nowoczesne instalacje przetwarzania odpadów, takie jak zakład termicznego przekształcania odpadów oraz instalacja do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów. Lokalizacja wytwórców odpadów i podmiotów będących odbiorcami surowców wtórnych oraz składowisk odpadów stała się podstawą do wyznaczenia optymalnego miejsca zlokalizowania instalacji zagospodarowania odpadów (ze względu na minimalne koszty transportu odpadów i produktów porecyklingowych, a także ze względu na aspekty ekologiczne). Przemyślane, skuteczne i sprawne zorganizowanie wszystkich wymienionych etapów doprowadziło do budowy efektywnego systemu.

Zgodnie z powyższym, osiągnięcie zakładanych celów oraz weryfikacja przyjętych hipotez odbyła się dzięki realizacji następującej **procedury badawczej** (rys. 1).

W niniejszym opracowaniu wykorzystano następujące **techniki i narzędzia badawcze**:

- krytyczną analizę aktów prawnych i programów gospodarki odpadami oraz publikacji dotyczących tematyki odpadów komunalnych,
- wykorzystanie podstawowych statystyk,
- wykorzystanie ekologicznej oceny cyklu życia,
- zastosowanie metod optymalizacji i analizy wielokryterialnej (metody analizy hierarchicznej problemu).



Rysunek 1. Schemat procedury badawczej

Źródło: opracowanie własne

Badania dotyczące gospodarki odpadami i procesów logistycznych w ramach funkcjonującego zintegrowanego systemu gospodarki odpadami w Krakowie obejmowały kilka kluczowych etapów.

W **pierwszej kolejności** zidentyfikowano procesy logistyczne w badanych instalacjach przetwarzających odpady komunalne w krakowskim systemie gospodarki odpadami (C1). Identyfikacja polegała na wyodrębnieniu i scharakteryzowaniu procesów, takich jak: przyjęcie odpadów do zakładu, sposób magazynowania odpadów przeznaczonych do przetwarzania, zbieranie, transport i zagospodarowanie odpadów powstałych w wyniku eksploatacji instalacji oraz monitoring i kontrola gospodarowania odpadami w przypadku zakładu termicznego przekształcania odpadów.

W **drugim etapie** określono istotę i możliwość wykorzystania metody LCA w gospodarce odpadami komunalnymi (C2). W celu weryfikacji hipotezy badawczej (H1) opracowano model oceny cyklu życia dla systemu gospodarki odpadami komunalnymi Krakowa w 2018 r. Stosując metodę LCA, obliczono wpływy środowiskowe powodowane przez ten system z jednoczesną hierarchizacją jego elementów na podstawie kwantyfikowalnych wskaźników. Z przeprowadzonych badań wynika, że w największych stężeniach do powietrza emitowany był CO₂. Pozwoliło to na uszeregowanie elementów badanego systemu od najbardziej do najmniej uciążliwego: składowisko odpadów (657 921,84 kg CO₂), instalacja do biologicznego przetwarzania odpadów (105 200,86 kg CO₂), transport odpadów między zakładami (5 401,45 kg CO₂), instalacja do sortowania (4 732,28 kg CO₂) oraz zakład termicznego przekształcania odpadów (–97 166 718,63 kg CO₂). Jeśli chodzi o emisję do wody, najwyższymi wartościami cechowały się wskaźniki BZT i ChZT, co pozwoliło wskazać, że najbardziej uciążliwe dla środowiska są składowisko odpadów (2 114,72 kg BZT i 2 110,61 kg ChZT) i proces biologicznego przetwarzania odpadów (257,57 kg BZT i 435,89 kg ChZT).

Przeprowadzona analiza scenariuszowa metodą LCA wskazuje, że wyniki emisji do powietrza najbardziej uciążliwego wskaźnika – CO₂ z transportu, nie powodowały istotnych zmian we wpływie całego systemu gospodarki odpadami na środowisko przy wydłużeniu długości tras transportu odpadów między zakładami. Fakt ten potwierdza postawioną w pracy hipotezę (H2), że zwiększenie długości tras transportu między instalacjami przetwarzania nie powoduje istotnego wpływu na środowisko w granicach badanego systemu. Wiedza ta może być wykorzystana w procesie podejmowania decyzji co do optymalizacji tras transportu odpadów.

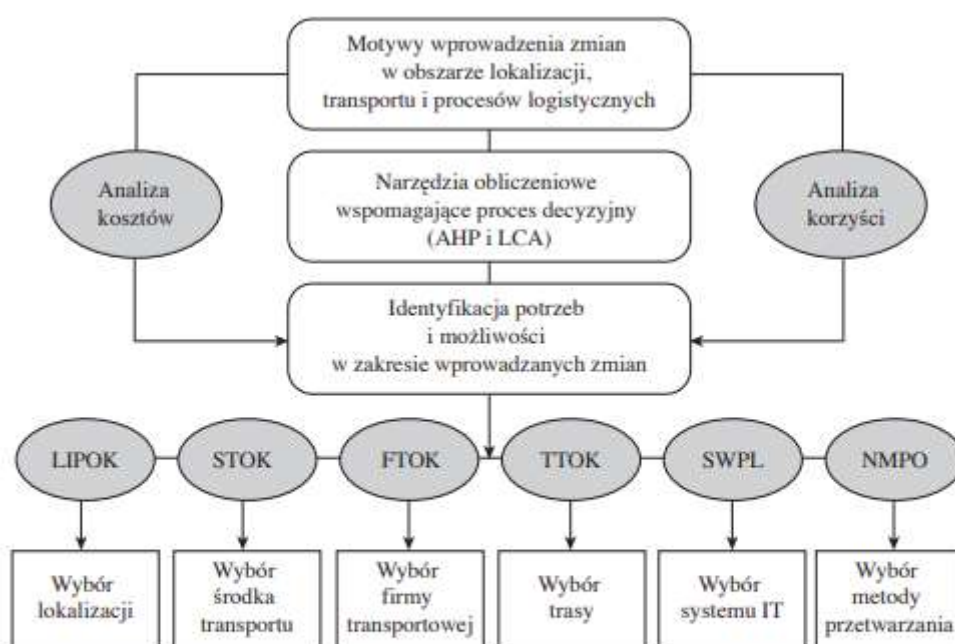
W przypadku przeprowadzonej symulacji z użyciem programu IWM-PL, gdy instalacja ZTPO nie osiągnęła wymaganego poziomu efektywności energetycznej wynoszącego 65%, a jedynie 30%, wyniki ekowskaźnika (stan rzeczywisty) w kategorii zdrowia ludzkiego (–6 172 124,20 Pt) świadczą o trzykrotnie większej korzyści na zdrowie człowieka aktualnego systemu gospodarki odpadami w porównaniu ze stanem symulowanym (–1 994 097,46 Pt). Natomiast jeśli chodzi o jakość ekosystemu (–532 789,03 Pt), obliczono niemal dwukrotnie większe korzyści w przypadku tego ekosystemu niż w przypadku sytuacji prognozowanej (–231 702,91 Pt). Potwierdza to hipotezę trzecią (**H3**), że korzyść z efektywności energetycznej wymaganej przepisami (powyżej 65%) osiągniętej przez zakład termicznego przekształcania odpadów dorównuje jego wpływowi na środowisko.

W etapie trzecim zweryfikowano hipotezę badawczą (**H4**) o opracowaniu modeli optymalizacyjnych AHP wskazujących na istotność kryteriów decyzyjnych ze szczególnym uwzględnieniem kryteriów o charakterze ekonomicznym i ekologicznym oraz możliwość optymalizacji procesów transportowych. Hipoteza ta była wynikiem wyznaczenia kluczowych kryteriów przy podejmowaniu decyzji w związku z zagospodarowaniem odpadów komunalnych (**C3**), a następnie zastosowania metodyki analitycznego procesu hierarchicznego (AHP) w analizie problemów decyzyjnych w systemie gospodarki odpadami komunalnymi (**C4**). Biorąc pod uwagę takie modele decyzyjne AHP z obszaru transportu, jak wybór środka transportu odpadów, firmy transportującej odpady do instalacji oraz tras transportu odpadów komunalnych, należy podkreślić, że wytypowane kryteria nie stanowią zamkniętego zbioru. W działalności praktycznej ostateczna decyzja dotycząca struktury (eliminowanie bądź dodawanie elementów) należeć będzie do podejmujących decyzje (zarządzający systemem gospodarki odpadami).

Metoda AHP stosowana z takimi narzędziami zarządzania środowiskiem jak LCA i wskaźniki oddziaływania na środowisko jest przydatna do opracowania modelu decyzyjnego będącego skutecznym narzędziem doskonalenia procesów logistycznych w obrębie systemu gospodarki odpadami komunalnymi (**H5**). Potwierdzeniem tej hipotezy jest budowa modelu AHP wyboru najkorzystniejszej metody przetwarzania odpadów komunalnych, co rzutuje na kluczowe decyzje logistyczne w obrębie całego systemu gospodarki odpadami komunalnymi dużej aglomeracji miejskiej.

Potwierdzeniem **hipotezy głównej**, że ocena cyklu życia (LCA) i metodyka analitycznego procesu hierarchicznego (AHP) są skutecznymi narzędziami rozwiązywania wielopoziomowego, wielokryterialnego problemu decyzyjnego z zakresu zarządzania procesami logistycznymi w zakładach przetwarzających odpady komunalne i w ich otoczeniu,

była realizacja głównego celu niniejszej monografii. Cel ten zakładał opracowanie procedury rozwiązywania problemów decyzyjnych w działalności logistyczno-transportowej zakładów przetwarzających odpady komunalne przy użyciu odpowiednich narzędzi wspomagania decyzji – metody AHP i LCA. W ramach procedury opracowano sześć modeli decyzyjnych stanowiących skuteczne narzędzia w doskonaleniu procesów logistycznych. Wymierną korzyścią z ich stosowania będzie wzrost efektywności technologicznej i obniżenie kosztów zagospodarowania odpadów. Ponadto mogą one stanowić wsparcie procesów decyzyjnych zarządzania procesami logistycznymi w całym systemie gospodarki odpadami komunalnymi. Dlatego też dodatkowo został zaproponowany **model ogólny wsparcia procesu decyzyjnego** w systemie gospodarki odpadami komunalnymi o charakterze interaktywnym (rys. 2). Interaktywność modelu polega na możliwości zastosowania procedur decyzyjnych, które zostały opracowane w ramach poszczególnych modeli AHP, a także modyfikacji tych procedur w zakresie istotności wykorzystanych w nich kryteriów/czynników oraz ich struktury. Potwierdza to możliwość aplikacyjną modelu w zarządzaniu systemem gospodarki odpadami komunalnymi.



Objaśnienia: LIPOK – model lokalizacji instalacji przetwarzania odpadów komunalnych, STOK – model doboru środka transportu odpadów komunalnych, FTOK – model doboru firmy transportującej odpady komunalne do instalacji, TTOK – model optymalizacji trasy transportu odpadów komunalnych do instalacji, SWPL – model wyboru systemu wspomagającego procesy logistyczne, NMPO – model wyboru najkorzystniejszej metody przetwarzania odpadów komunalnych.

Rys. 2. Model ogólny wsparcia procesu decyzyjnego w systemie gospodarki odpadami komunalnymi z wykorzystaniem opracowanych modeli AHP

Źródło: opracowanie własne.

W ramach zaproponowanych modeli AHP ujętych w postaci ogólnego modelu istnieje możliwość samodzielnego kształtowania kryteriów i subkryteriów na podstawie indywidulanych preferencji zarządzającego systemem gospodarki odpadami komunalnymi. W celu otrzymania rankingu końcowego ocenianych wariantów należy w pierwszej kolejności zestawić je ze wszystkimi subkryteriami, a następnie przemnożyć je przez odpowiadający im wektor wag. Można w tym przypadku zastosować ocenę, w macierzy preferencji wyznaczyć składowe wektora albo doprowadzić cechy określające subkryteria do porównywalności, stosując wzory unitaryzacyjne dla poszczególnych kryteriów. Procedura ta wymaga wiedzy oraz zaawansowanych umiejętności z zakresu obsługi oprogramowania AHP.

Należy podkreślić, że zastosowana w niniejszej monografii **metodyka LCA jest efektywnym narzędziem** identyfikacji i oceny wpływu na środowisko gospodarki odpadami komunalnymi, dostarcza szerokiego przeglądu aspektów środowiskowych różnych scenariuszy zarządzania odpadami umożliwiając ich porównanie, umożliwia ocenę różnych technologii przetwarzania odpadów przy różnych wzorcach zużycia energii i produkcji wraz z różnymi poziomami odzyskiwania materiałów. Stanowi wszechstronne narzędzie i posiada szeroki zakres zastosowań. Gospodarka odpadami komunalnymi jest dużym, skomplikowanym obszarem, w przypadku którego przeprowadzanie badań jest trudne. Dlatego wykorzystanie metody LCA wymaga specjalnie opracowanych modeli przeznaczonych do oceny systemów gospodarki odpadami komunalnymi. Na potrzeby badań w pracy posłużono się programem IWM-PL, który okazał się niedoskonały. Jak zauważyła K. Grzesik-Wojtysiak¹⁰, model ten nie jest na tyle elastyczny, aby umożliwić wprowadzanie różnych wariantów procesów. Metodyka w modelu IWM-PL jest oparta na Eko-indykatorze 99, ale jedynie w ograniczonym zakresie. Spośród 11 kategorii wpływów stosowanych w metodzie Eko-indykator 99 w modelu IWM stosuje się jedynie sześć. Końcowy wynik LCA wyrażony w ekopunktach wskazuje na korzyści dla środowiska w kategorii szkody. Dlatego zasadne byłoby użycie innych programów do analizy LCA poszczególnych elementów systemu gospodarki odpadami.

Metoda analiz decyzyjnych AHP służy do rozwiązywania złożonych, wielokryterialnych problemów decyzyjnych o charakterze transportowo-logistycznym. Każda metoda ma swoje mocne i słabe strony. Należy jednak pamiętać, że jest to technika oceniająca każdy możliwy wariant pod kątem spełnienia wielu kryteriów. AHP daje pełniejszy obraz analizowanych problemów, wtedy gdy w bezpośredni sposób można włączać dane i wyniki pomiarów i analiz zarówno w wymiarze jakościowym, jak i ilościowym oraz weryfikować

¹⁰ K. Grzesik-Wojtysiak, *Ocena modelu IWM-PL...*

zgodność ocen. **Wybór metody AHP** w niniejszej monografii był podyktowany charakterem rozpatrywanych problemów decyzyjnych. Każdy z przedstawionych problemów odpowiadał założeniom struktury hierarchicznej, na której szczycie znajdował się zdefiniowany cel decyzyjny, pod nim kryteria i subkryteria, a na dole alternatywy decyzyjne.

Metoda AHP ma wiele zalet, ale dwie z nich są najistotniejsze dla rozwiązania złożonego i wielowątkowego problemu decyzyjnego. Pierwsza to przedstawienie problemu w postaci modelu hierarchicznego, a druga to możliwość opisu zjawisk i pojęć mających charakter nieprecyzyjny i wieloznaczny. AHP znajduje praktyczne zastosowanie w przypadku problemów, których dane wejściowe są bardzo zróżnicowane, wyrażane nie tylko w postaci liczb, ale także w formie danych o charakterze jakościowym – opinii ekspertów, rad konsultantów, wywiadów itp. Pomimo różnych zalet AHP ma też pewne ograniczenia, m.in. duże uproszczenia w modelowaniu rzeczywistej sytuacji, ale dające jej korzyści praktyczne w postaci uproszczonego postępowania podczas wspomagania decyzji, a także założenie pełnej porównywalności czynników i wariantów występujących w modelu hierarchicznym. Należy również podkreślić, że natura niektórych problemów decyzyjnych nie zawsze odpowiada założeniom struktury hierarchicznej, jaką prezentuje metoda AHP. Dlatego w przypadku identyfikacji kryteriów i subkryteriów decyzyjnych przypominających sieć wzajemnych powiązań i współzależności zasadne byłoby zastosowanie metody analitycznego problemu sieciowego (ANP) w obszarze logistyki przepływów. W przyszłości warto również rozpatrzyć wykorzystanie innych metod wielokryterialnego wspomagania decyzji, które posiadają odpowiednie oprogramowanie komputerowe wspomagające ich stosowanie. Dlatego w pełni uzasadnione byłoby posłużenie się procedurą wyboru metody WWD z wykorzystaniem modeli Gershona lub Tecle'a¹¹.

Podsumowując, logistyka odgrywa istotną rolę w procesie postępowania z odpadami komunalnymi, a zastosowane w niniejszej monografii metody stanowią idealne **narzędzie do badania i rozwoju nowoczesnych systemów logistycznych** dotyczących gospodarki odpadami komunalnymi. Przemyślane i efektywne zastosowanie systemu logistycznego odpadów oraz wprowadzanie do niego usprawnień ma na celu jak najszybsze i najskuteczniejsze przetworzenie odpadów. Jak pokazują ostatnie badania, strumień odpadów komunalnych stale rośnie, więc udział logistyki związanej z recyklingiem i przetwarzaniem

¹¹ Powyższe modele umożliwiają wybór kryteriów odpowiednich do analizowanego problemu decyzyjnego. W pierwszej kolejności należy przydzielić wagi ustalonemu zbiorowi kryteriów i ocenić rozpatrywane metody, a następnie wskazać odpowiednią metodę przy użyciu programowania kompromisowego.

odpadów w ogólnym systemie logistycznym będzie się zwiększał. Sprzyja temu nie tylko rosnąca ilość odpadów, ale również zmiany w systemie ich zagospodarowania.

4.4. Wkład osiągnięcia w rozwój dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości

Rozważania podjęte w niniejszej monografii wpisują się w problematykę **nauk o zarządzaniu i jakości**, a także mają istotny wpływ na rozwój dyscypliny w wymiarze teoretycznym, empirycznym oraz aplikacyjnym poprzez:

- porządkowanie wiedzy o gospodarce odpadami komunalnymi, zwłaszcza terminologii i podstaw prawnych tej gospodarki,
- określenie kluczowego pojęcia „zarządzanie procesami logistycznymi” w odniesieniu do całego systemu gospodarki odpadami komunalnymi z uwzględnieniem zakładów przetwarzających te odpady,
- dokonanie dyskursu naukowego dotyczącego systemu logistycznego i miejsca „logistyki odpadów”,
- kompleksową charakterystykę metod przetwarzania odpadów komunalnych w dużym polskim mieście (konkretne rozwiązania technologiczne istniejące w zintegrowanym systemie gospodarki odpadami komunalnymi miasta Krakowa) oraz podanie stanu i wskazanie kierunków dalszego rozwoju poszczególnych sposobów przetwarzania,
- identyfikację procesów logistycznych w instalacjach przetwarzania odpadów, co wnosi pewną konkretną wartość do dorobku logistyki zagospodarowania odpadów,
- wykorzystanie coraz częściej stosowanego w systemach gospodarowania odpadami komunalnymi narzędzia badawczego – oceny cyklu życia (LCA) do rozwiązywania ważnych problemów w zakresie logistyki odpadów: określenie istoty i możliwości wykorzystania metody LCA w gospodarce odpadami, modelowanie systemu gospodarki odpadami i wyznaczania wariantów decyzyjnych oraz zastosowanie LCA w praktyce (uzyskane wyniki emisji do powietrza i wody powodowane przez transport odpadów komunalnych i ich przetwarzanie stanowi cenne źródło informacji dla Władz Miasta Krakowa),
- udowodnienie, że w obszarze systemu gospodarki odpadami największe oddziaływanie na środowisko (powietrze, wodę) powoduje przetwarzanie odpadów, a nie transport jak dotychczas twierdzono,

- pokazanie, że wraz ze wzrostem ilości przetwarzanych odpadów komunalnych (w ostatnich dziesięciu latach), dominująca rola przypada przetwarzaniu termicznemu, a nie mechaniczno-biologicznemu, który w literaturze naukowej uznawany był za dominujący w całym systemie gospodarki odpadami,
- przedstawienie wyników modelowania procesów logistycznych w gospodarce odpadami komunalnymi w sześciu kolejnych obszarach decyzyjnych tej gospodarki, a mianowicie dotyczących wyboru: lokalizacji zakładu termicznego przekształcania odpadów; środka transportu odpadów do miejsca przetwarzania; firmy transportującej odpady do instalacji; trasy transportu odpadów do instalacji; systemu wspomagającego procesy logistyczne i najkorzystniejszej metody przetwarzania.
- zaproponowanie **modelu ogólnego** wsparcia procesu decyzyjnego w systemie gospodarki odpadami komunalnymi o charakterze interaktywnym, z którego wynika istotność poszczególnych problemów decyzyjnych.

Recenzenci wydawniczy podkreślili istotny wkład napisanej przeze mnie monografii w rozwój **dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości**:

- Pan profesor Andrzej Korzeniowski stwierdził, że *Recenzowana monografia stanowi kompendium wiedzy w zakresie gospodarki odpadami w Zintegrowanym Systemie Gospodarki Odpadami Komunalnymi w dużej aglomeracji miejskiej. Opracowana została przy uwzględnieniu krytycznej oceny materiałów źródłowych uzyskanych z przedsiębiorstw wchodzących w skład ZSGOK, a także podparta licznymi badaniami przeprowadzonymi przez Autora. Pozytywnie oceniam trafność zastosowanej przez Autora ekologicznej oceny cyklu życia w odniesieniu do analizowanego systemu gospodarki odpadami, a także przeprowadzenie wielokryterialnej analizy z wykorzystaniem metody Analityc Hierarchy Process (AHP) do opracowania modelu wyboru trasy transportu odpadów, modelu wyboru najkorzystniejszej metody przetwarzania odpadów, czy modelu wyboru systemu IT. Ponadto profesor Korzeniowski podkreślił, że monografia jest pierwszym w skali kraju opracowaniem uwzględniającym zarządzanie procesami logistycznymi w ogniach gromadzenia, transportu i przetwarzania odpadów komunalnych w dużych aglomeracjach miejskich.*
- Pan profesor Tadeusz Borys zaznaczył, że *monografia porusza z punktu widzenia teoretycznego i praktycznego problem zarządczy odnoszący się do procesów*

logistycznych, mających miejsce w przedsiębiorstwach przetwarzających odpady komunalne. Następnie Recenzent wskazuje, że jest wskazane przez Autora monografii na czym konkretnie polega jego wkład teoretyczno-poznawczy, metodyczny i aplikacyjny do problematyki zarządzania procesami logistycznymi w przedsiębiorstwach przetwarzających odpady komunalne, a szerzej – wkład do dyscypliny „nauki o zarządzaniu i jakości” i jaką lukę lub luki badawcze w tej monografii wypełnia. Profesor Borys zwraca uwagę na rozdział czwarty monografii i podkreśla, że dokonana w nim identyfikacja procesów logistycznych w instalacjach przetwarzania odpadów jest prawidłowa i wnosi pewną konkretną wartość do dorobku logistyki zagospodarowania odpadów, a przez to i do dyscypliny „nauki o zarządzaniu i jakości”.

Zarządzanie odpadami komunalnymi wymaga kompleksowych i planowanych działań. Zróżnicowany skład odpadów, sposób ich zbiórki i transportu, mnogość dostępnych metod przetwarzania oraz wiele innych czynników powodują, że dostępnych jest wiele wariantów zagospodarowania odpadów komunalnych. Dlatego niezwykle pomocnymi narzędziami w ocenie tych systemów są ocena cyklu życia oraz analityczny proces hierarchiczny. Fakt ten świadczy, że przedstawione w niniejszej monografii zagadnienia mają istotny wpływ na rozwój wiedzy z **dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości**. Poruszone w opracowaniu problemy koncentrują się przede wszystkim na procesach logistycznych wewnątrz zakładów przetwarzających odpady komunalne, jak i w obrębie systemu gospodarki odpadami, którego są nieodzownym elementem. Kluczowe kwestie przedstawiono podczas modelowania oceny cyklu życia dla systemu gospodarki odpadami komunalnymi miasta Krakowa, jak również w trakcie opracowania analizy hierarchicznej problemów decyzyjnych. Metoda LCA w gospodarce odpadami pozwala na identyfikację i hierarchizację występujących zagrożeń w odniesieniu do powietrza i wody. Natomiast rozwiązywanie problemów decyzyjnych w gospodarce odpadami komunalnymi stanowi jeden z kluczowych aspektów **zarządzania logistycznego**.

4.5. Wykaz cytowanej literatury

- Bieda B., *Decision Support Systems Based on the Life Cycle Inventory (LCI) – Part of a Life Cycle Assessment (LCA) for Municipal Solid Waste (MSW) Management Case Study*, „Archiwum Gospodarki Odpadami” 2006, vol. 4, s. 13–32.
- Blikra Veia E., Martinez-Sanchez V., Thomsen M., *A Review of Waste Management Decision Support Tools and Their Ability to Assess Circular Biowaste Management Systems*, „Sustainability” 2018, vol. 10, nr 3720, s. 1–27.
- Den Boer E., Szpadt R., *Ocena cyklu życia systemu gospodarki odpadami na przykładzie Wrocławia*, „Ochrona Środowiska” 2012, vol. 34, nr 3, s. 39–44.
- Dębicka M., Żygadło M., *LCA jako metoda wspomagająca zarządzanie odpadami*, „Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska” 2013, vol. 15, nr 1, s. 37–46.
- Frączek J., Wota A., Woźniak A., *Propozycja modelu decyzyjnego wyboru oferty przetargowej na realizację zadań gospodarki odpadami komunalnymi z zastosowaniem wielokryterialnej metody AHP*, „Logistyka” 2015, nr 4, s. 3248–3255.
- Generowicz A., Gąska K., *Porównanie różnych metod analizy wielokryterialnej wykorzystanych w wyborze systemu gospodarki odpadami*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 2014, nr 8, s. 311–315.
- Generowicz A., Gąska K., Hajduga G., *Multi-criteria Analysis of the Waste Management System in a Metropolitan Area*, „E3S Web of Conferences” 2018, vol. 44, s. 1–8.
- Generowicz A., Henclik A., Kulczycka J., Kowalski Z., *Evaluation of Technology Solutions for Municipal Waste Incineration Using LCA Results and Multi-Criteria Analysis*, „Journal of Environmental Accounting and Management” 2015, vol. 3, nr 2, s. 169–180.
- Generowicz A., Iwanejko R., *Wybór optymalnego rozwiązania systemu selektywnej zbiórki odpadów komunalnych przy niepewnej sytuacji rynkowej*, „Logistyka” 2015, nr 3, s. 1414–1422.
- Generowicz A., Koneczna R., *Kryteria oceny projektów inwestycyjnych w gospodarce odpadami*, „Prace Instytutu Nafty i Gazu” 2009, nr 164, s. 141–152.
- Generowicz A., Kraszewski A., *Analiza wielokryterialna lokalizacji zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych w Krakowie*, „Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska” 2008, vol. 7, s. 73–88.
- Górniak-Bodziany A., Bodziany M., *Ekologistyka – wyzwanie czy warunek konieczny funkcjonowania SZRP*, „Zeszyty Naukowe WSOWL” 2008, nr 1(147), s. 242–253.
- Grzesik K., *Application of the IWM-PL Model for the Life Cycle Assessment (LCA) of Municipal Waste Management in Kraków. Part 1*, „Geomatics and Environmental Engineering” 2013, vol. 7, nr 3, s. 35–55.
- Grzesik K., *Application of the IWM-PL Model for the Life Cycle Assessment (LCA) of Municipal Waste Management in Kraków. Part 2*, „Geomatics and Environmental Engineering” 2013, vol. 7, nr 4, s. 43–58.
- Grzesik K., *Comparative Environmental Impact Assessment of the Landfilling and Incineration of Residual Waste in Krakow*, „Environment Protection Engineering” 2017, vol. 43, nr 4, s. 135–148.
- Grzesik K., *Wprowadzenie do oceny cyklu życia (LCA) – nowej techniki w ochronie środowiska*, „Inżynieria Środowiska” 2006, t. 11, z. 1, s. 101–113.
- Grzesik K., Kozakiewicz R., Bieda B., *Life Cycle Assessment for Landfilling, Incineration and Mechanical-Biological Treatment of Residual Waste for Krakow City (Poland)* (w:) *GeoConference on Energy and Clean*

- Technologies 17–26, June, 2014, Albena, Bulgaria: Conference Proceedings*, Vol. 2: Nuclear Technologies, Recycling, Air Pollution and Climate Change, Sofia, s. 143–150.
- Grzesik K., Usarz M., *A Life Cycle Assessment of the Municipal Waste Management System in Tarnów*, „Geomatics and Environmental Engineering” 2016, vol. 10, nr 2, s. 29–38.
- Grzesik-Wojtysiak K., *Ocena modelu IWM-PL – polskiej aplikacji do analizy cyklu życia systemów gospodarki odpadami*, „Zasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury” 2013, z. 60, nr 3, s. 101–115.
- Koneczny K., *Zastosowanie LCA do oceny wariantów zagospodarowania odpadów komunalnych*, „Rocznik Ochrona Środowiska” 2002, t. 4, s. 303–317.
- Kulczycka J., Lelek Ł., *Modelowanie systemu gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce z wykorzystaniem metody LCA*, „Handel Wewnętrzny” 2012, t. 3, s. 71–80.
- Lesiuk A., Oleszczuk P., Kuśmierz M., *Zastosowanie techniki LCA w ekologicznej ocenie produktów, technologii i gospodarce odpadami* (w:) *Adsorbenty i katalizatory: wybrane technologie a środowisko*, red. R. Ryczkowski, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów 2012, s. 453–466.
- Ocena systemu gospodarki odpadami. Część I: Uwarunkowania prawne i technologiczne oraz kryteria oceny funkcjonowania gospodarki odpadami*, red. A. Kraszewski, E. Pietrzyk-Sokulska, IGSMiE PAN, Kraków 2011.
- Ocena systemu gospodarki odpadami. Część II: Praktyczne zastosowania*, red. A. Kraszewski, E. Pietrzyk-Sokulska, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2011.
- Ocena systemu gospodarki odpadami. Część III: Program komputerowy*, red. A. Kraszewski, E. Pietrzyk-Sokulska, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2011.
- Ochrona środowiska*, GUS, Warszawa 2015–2018.
- Osuch E., Osuch A., Rybacki P., Przybylak A., Buchwald T., *Analysis of the Factors Influencing the Decision about Segregation by People Not Segregating the Municipal Waste with Using the AHP Method*, „Journal of Ecological Engineering” 2016, vol. 17, nr 4, s. 255–263.
- Prusak A., Stefanów P., *AHP – analityczny proces hierarchiczny. Budowa i analiza modeli decyzyjnych krok po kroku*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2014.
- Schluchter W., Rybaczewska-Błazejowska M., *Life Cycle Sustainability Assessment of Municipal Waste Management Systems*, „Management” 2012, vol. 16, nr 2, s. 361–372.
- Stypka T., Flaga-Maryńczyk A., *Możliwości stosowania zmodyfikowanej metody AHP w problemach inżynierii środowiska*, „Ekonomia i Środowisko” 2016, nr 2, s. 37–53.
- Stypka T., Generowicz A., *Wypracowywanie ostatecznej decyzji wyboru gospodarki odpadami za pomocą metody AHP na przykładzie Krakowa*, „Kompleksowe Zarządzanie Gospodarką Odpadami” 2009, s. 407–419.
- Uchwała nr 88 Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2016 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2022, M.P. poz.784.
- Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw, Dz.U. poz. 1579.
- Wiktorowska-Jasik A., *Ekologistyka – nakaz ustawowy, moda czy wyzwanie dla przedsiębiorstw XXI*
- Wota A., Wozniak A., *Metodyka wyboru lokalizacji składowisk odpadów komunalnych*, „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich” 2008, nr 8, s. 143–156.

4.6. Pozostałe osiągnięcia naukowe

4.6.1. Osiągnięcia naukowe przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Efektem mojej aktywności naukowej w okresie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora jest **9 publikacji**, w tym 1 samodzielny artykuł i 8 współautorskich. Moje osiągnięcia naukowe przed doktoratem koncentrowały się zasadniczo na dwóch obszarach badawczych:

- 1) Badanie innowacyjności polskich przedsiębiorstw przemysłu maszynowego.
- 2) Jakość wody pitnej miasta Krakowa.

Pierwszy z obszarów moich zainteresowań wynikał z tematyki zgodnej z zainteresowaniami badawczymi Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki, w której pisałem pracę dyplomową. Moje badania w tym zakresie koncentrowały się przede wszystkim na analizie poziomu innowacyjności polskich przedsiębiorstw przemysłu maszynowego.

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w rozdziale monografii:

Motyka S., Jachimowski A. (2010), *Innowacyjność polskich przedsiębiorstw przemysłu maszynowego – bariery i szanse rozwoju*, [w:] *Komputerowo zintegrowane zarządzanie*, praca zbiorowa pod red. Knosali R., Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2010, s. 256-264.

Przemysł maszynowy w Polsce należy do silnie rozwiniętych gałęzi przemysłu. Przedsiębiorstwa produkcyjne tej branży stawiają sobie za cel wytwarzanie maszyn i urządzeń o wysokiej jakości, spełniających wymagania potencjalnych odbiorców na rynku krajowym oraz zagranicznym. W tym kierunku niezbędne staje się wprowadzanie zmian i rozwiązań innowacyjnych. Dlatego w niniejszym artykule została przedstawiona analiza poziomu innowacyjności polskich zakładów produkcyjnych, opracowana na podstawie badań ankietowych przeprowadzonych na Targach Obrabiarek, Narzędzi i Urządzeń do obróbki Materiałów EUROTOOL w 2009 roku. Z przeprowadzonych badań wynika, że ocena innowacyjności przedsiębiorstw branży przemysłu maszynowego w Polsce jest pozytywna. Szczególną uwagę należy zwrócić na zakres zmian, które można zaklasyfikować jako innowacje w badanych przedsiębiorstwach. Daną ocenę można podeprzeć dużym udziałem firm wprowadzających często i regularnie innowacje techniczno-technologiczne oraz produktowe w ostatnich latach. Przedsiębiorstwa te odznaczają się dużym potencjałem innowacyjnym, który nie jest w pełni wykorzystywany. Wpływa na to w głównej mierze

istnienie niekorzystnych uwarunkowań działalności gospodarczej w naszym kraju. Jeżeli rozpatrywać możliwości wprowadzenia nowych zmian w analizowanych przedsiębiorstwach, to należy stwierdzić, że główną barierą dla tego typu działań są ograniczenia finansowe, związane z ponoszeniem wysokich kosztów na tego typu projekty. Ponadto istotnym problemem stają się czynniki związane z ryzykiem rynkowym, a co się z tym wiąże, obawa przed poniesieniem klęski na tymże rynku. Jest to bardzo ważne, ponieważ znaczna większość firm stawia sobie za cel dostosowanie się do wymogów i oczekiwań potencjalnych konsumentów. Polskie przedsiębiorstwa przemysłu maszynowego charakteryzują się tym, iż większość nakładów finansowych na działalność innowacyjną czerpią z funduszy własnych, co w znacznym stopniu uszczupla środki przeznaczone na badania i rozwój we własnym zakresie, bądź w ramach współpracy z jednostkami badawczo – rozwojowymi, albo innymi placówkami naukowymi.

Drugi z wymienionych obszarów naukowo-badawczych wynikał z mojego poszukiwania niszy badawczej w czasie, kiedy byłem już zatrudniony w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Realizowane badania naukowe od początku były ukierunkowane na praktykę oraz współpracę z innymi instytucjami. Połączenie wiedzy naukowej i praktyki zaowocowało uczestnictwem w **wieloletniej współpracy** z Centralnym Laboratorium Wodociągów Miasta Krakowa (WMK) S.A.¹². Przedmiotem przeprowadzonych badań było statystyczne opracowanie wyników analiz laboratoryjnych wody surowej i pitnej po procesie uzdatniania. Zaprezentowane zostały również wyniki badań sensorycznych wody pobranej z czterech krakowskich zakładów uzdatniania oraz z miejsc w sieci wodociągowej, które odpowiadały danemu zakładowi. Do oznaczeń porównawczych wykorzystano wodę źródłaną marki Żywiec Zdrój.

W pierwszej kolejności, na przykładzie czterech rzek stanowiących źródło zaopatrzenia mieszkańców Krakowa w wodę przeznaczoną do spożycia, przedstawiono analizę jakości wód surowych na przestrzeni lat 2007 – 2012. Należy podkreślić, że badane wody surowe pochodzą z różnych obszarów województwa małopolskiego. Wiąże się to z drenażem podłoża o odmiennym składzie chemicznym. Ponadto wody te przepływają przez tereny rolnicze i zurbanizowane. Narażone są na dopływ różnego rodzaju zanieczyszczeń w postaci: zrzutu ścieków komunalnych, przemysłowych, odwodnień kopalń, spływu wody z pól nawożonych

¹² 4 stycznia 2021 r. zmianie uległa nazwa spółki odpowiadającej w Krakowie za dostarczanie wody i odprowadzanie ścieków. Dotychczasowe Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji (MPWiK) S.A. w Krakowie to teraz Wodociągi Miasta Krakowa Spółka Akcyjna.

sztucznymi oraz naturalnymi nawozami azotowymi i wód opadowych. Przeprowadzone badania dotyczyły:

- oceny jakości wód ujmowanych do celów wodociągowych przez Zakłady Uzdatniania Wody Wodociągów Miasta Krakowa, zgodnie z obowiązującymi normami prawnymi. Przedstawiono wyniki analizy chemicznej wybranych parametrów fizykochemicznych i bakteriologicznych wód;
- określenia wpływu działalności rolniczej na zmiany właściwości fizykochemicznych i proces eutrofizacji zachodzący w wodach powierzchniowych ujmowanych przez Zakłady Uzdatniania Wody Wodociągów Miasta Krakowa;
- analizy wybranych wskaźników jakości wody pod kątem eutrofizacji ze źródeł komunalnych, jak i rolnych.

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w artykułach:

Adamczyk W., **Jachimowski A.** (2012), *Eutrofizacja wód powierzchniowych kierowanych do uzdatniania*, Journal of Ecology and Health, nr 2, s. 61-65.

Adamczyk W., **Jachimowski A.** (2013), *Ocena jakości wody surowej przeznaczonej do uzdatniania dla aglomeracji Krakowa w latach 2007-2010*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 9, s. 352-359.

Adamczyk W., **Jachimowski A.** (2013), *Wpływ składników biogenych na jakość i eutrofizację powierzchniowych wód płynących stanowiących źródło wody pitnej Krakowa*, Żywność Nauka Technologia Jakość, 20(6), s. 175-190.

Od początku XXI wieku na skutek wzmożonej kontroli i monitoringu władz sanitarnych jakość wody dostarczanej przez wodociągi uległa znacznej poprawie. Na jej wartość wpływają: źródło poboru, sposób uzdatnia oraz stan sanitarny urządzeń i zbiorników magazynujących wodę. Dlatego w drugiej kolejności przedstawiono ocenę jakości wody dopuszczanej do sieci wodociągowej z 4 krakowskich Zakładów Uzdatniania Wody na przełomie lat 2007 - 2010. Wartości parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych zostały porównane z wytycznymi zawartymi w normach krajowych oraz UE. Analiza wartości parametrów mikrobiologicznych i fizykochemicznych wód pitnych wykazała najlepszą jakość w wodach uzdatnionych w ZUW Raba, a najgorszą - w ZUW Bielany.

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w rozdziale monografii:

Adamczyk W., **Jachimowski A.** (2012), *Drinking Water Quality in the City of Kraków in the Years 2007-2010*, [w]: *Role of Innovativity in Quality Creation*, Towaroznawstwo w XXI w., j. eng, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji - PIB, Radom, s. 188-199, ISBN: 978-83-7789-059-2.

Kolejnym punktem moich badań było określenie wpływu technologii uzdatniania wody na jej jakość w 4 Zakładach Uzdatniania Wody Wodociągów Miasta Krakowa. Posłużyła temu analiza wybranych parametrów fizykochemicznych i bakteriologicznych wody surowej – przed procesem uzdatniania i pitnej – po procesie uzdatniania, oznaczonych w latach 2008 – 2012.

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w rozdziale monografii:

Adameczyk W., Jachimowski A. (2014), *An effect of the Treatment Process on Drinking Water Quality in Cracow*, [w:] *Commodity Science in Research and Practice. Achievements and challenges of commodity science in the age of globalization*, (ed.) Szakiel J., Polish Society of Commodity Science, Cracow, Poland.

W artykule przedstawiono zależności pomiędzy wodami pitnymi i nieoczyszczonymi dla następujących wskaźników jakości wody: pH, zasadowości i zapotrzebowania chemicznego tlenu. Ponadto przedstawiono średnie miesięczne stężenia chloranów, chlorków i glinu w określonym przedziale czasu. Wyżej wymienione substancje obecne były w wodach uzdatnionych w śladowych ilościach. Na podstawie analizy wody przeznaczonej do spożycia, po uzdatnieniu i dezynfekcji, określono następujące wskaźniki mikrobiologiczne: bakterie z grupy *coli*, *Escherichia coli*, *Enterococcii faecalis*, *Clostridium perfringens*. Do określenia skuteczności środków dezynfekcyjnych stosowanych w poszczególnych zakładach wodociągowych wykorzystano analizę wskaźników mikrobiologicznych wody pitnej.

W 2015 r. brałem udział w badaniach statutowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie realizowanych przez Katedrę Technologii i Ekologii Wyrobów (077/WT-KTEW/01/2015/S/5077) pt. *Wpływ metod dezynfekcji na jakość wody pitnej*.

W pierwszym etapie projektu dokonano oceny wpływu stosowania elektrolitycznie generowanego podchlorynu sodu na jakość wody uzdatnianej w zakładzie Bielany Wodociągów Miasta Krakowa. Analizie poddano wybrane wskaźniki mikrobiologiczne, produkty chlorowania wody z grupy trihalometanów (THM) oraz chlor wolny. Z przeprowadzonych badań wynika, że zmiana dezynfektanta powoduje zmiany ilościowe sumy THM-ów w wodzie pitnej. W przypadku wody wodociągowej przeanalizowano stężenia Σ THM i chloru wolnego w okresie czteroletnim. Zaobserwowano tu nagły spadek obu wskaźników w 2014 r. Natomiast analiza bakteriologiczna wody potwierdziła skuteczność stosowania elektrolitycznie generowanego podchlorynu sodu.

W drugim etapie prac badawczych dokonano oceny skuteczności usuwania zanieczyszczeń z wody przy użyciu technologii stosowanej również w zakładzie Bielany Wodociągów Miasta Krakowa. Analizie poddano wybrane wskaźniki mikrobiologiczne

w trakcie procesu uzdatniania oraz parametry fizykochemiczne w wodzie surowej i pitnej. Z przeprowadzonych badań wynika, że jakość wody uzdatnianej zależy od: stopnia zanieczyszczenia wody surowej, zastosowania infiltracji sztucznej oraz metody dezynfekcji. W tym przypadku proces sztucznej infiltracji stosowany w zakładzie wpływa na wysoką skuteczność usuwania zanieczyszczeń mikrobiologicznych, mętności, obniżania barwy wody, odmanganiania i odżelaziania oraz usuwania związków azotu, za wyjątkiem azotanów (V) z wody powierzchniowej (rzeka Sanka).

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w artykułach:

Adamczyk W., Jachimowski A. (2016), *Wpływ modernizacji chlorowni na jakość wody uzdatnionej*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, NOT Sigma, Warszawa, t. 90, nr 2, s. 58-61.

Adamczyk W., Jachimowski A. (2016), *Skuteczność usuwania zanieczyszczeń wód powierzchniowych w złożu infiltracyjnym*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, NOT Sigma, Warszawa, t. 90, nr 3, s. 86-91.

Na samym końcu przeprowadziłem badania, których celem było sprawdzenie czy próbki wody pochodzące z różnych miejsc różnią się między sobą pod względem smaku, zapachu i wyglądu, bez wskazywania cechy, jakiej dotyczy ewentualna różnica. Nie było zatem istotne określenie istniejących różnic w intensywności zapachu i rodzaju smaku. Dlatego w oznaczeniu posłużono się metodą trójkątową z wymuszonym wyborem. Zadaniem oceniających było wyłącznie wskazanie próbki odmiennej od dwóch pozostałych.

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w artykule:

Jachimowski A. (2015), *Z butelki czy z kranu*, Kierunek Wod-Kan, nr 4 (617), s. 40-44.

Przedmiotem badań były wody uzdatniane w czterech krakowskich ZUW i odpowiadające im punkty w sieci wodociągowej. Próbkę wody pobierane były i badane laboratoryjnie przez Centralne Laboratorium Wodociągów Miasta Krakowa. W przeprowadzonej ocenie organoleptycznej wody pitnej do porównań wykorzystano również wodę butelkowaną znanej marki. Woda ta, ze względu na niską mineralizację, zaliczana jest do źródlanych. Wydobywana jest z terenów położonych w tym samym rejonie, z którego swoje źródła bierze rzeka Raba, stanowiąca główne źródło wody pitnej Krakowa. Ponadto woda butelkowana składem jonowym najbardziej zbliżona jest do wody produkowanej w ZUW Raba. Przeprowadzona ocena zaliczana była do badań konsumenckich, w których uczestniczyć mogły osoby nieprzeszkolone, które są lub mogą być odbiorcami (konsumentami) danego produktu. Badania wykonywano w maju i powtórzono w listopadzie 2013 r. dla wybranych próbek.

Z przeprowadzonych badań konsumenckich wynika, że większość porównywanych ze sobą wód pitnych nie różni się istotnie (84 %). Statystycznie uchwytne różnice występowały sporadycznie pomiędzy wodą butelkowaną, a próbką pobraną z kilku miejsc w sieci wodociągowej.

Ponadto w latach 2013-2015 **przewodziłem liczne badania** dotyczące analizy jakości wody przeznaczonej do spożycia przez mieszkańców Krakowa. Wynikiem tych badań była rozprawa doktorska pt.: *Czynniki kształtujące jakość wody pitnej miasta Krakowa*, napisana pod kierunkiem prof. dra hab. Wacława Adamczyka w Katedrze Technologii i Ekologii Wyróbów Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.

4.6.2. Osiągnięcia naukowe po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Kontynuacją zadań badawczych podjętych w pracy doktorskiej był grant uczelniany na Badania Młodych Naukowców (BMN) oraz Uczestników Studiów Doktoranckich uzyskany w 2016 r. na Wydziale Towaroznawstwa Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. W ramach grantu pt.: *Badanie wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci wodociągowej Krakowa* (099/WT-KTEW/03/2016/M/6099), zostały przeprowadzone badania, których głównym celem była ocena wybranych wskaźników decydujących o jakości wody w sieci dystrybucyjnej miasta Krakowa. Postawiono hipotezę, że jakość wody ulega znacznemu pogorszeniu po wprowadzeniu jej do sieci wodociągowej. Kolejnym założeniem badań było istnienie różnic we właściwościach sensorycznych wód pochodzących z zakładów, w których stosowano różne metody dezynfekcji wody. Następnie w 2017 r. w ramach kolejnego grantu uczelnianego na Badania Młodych Naukowców (BMN) oraz Uczestników Studiów pt.: *Analiza czynników wpływających na jakość wody wodociągowej* (128/WT-KTEW/03/2017/M/7128), zrealizowałem badania, których celem było dokonanie oceny wybranych wskaźników decydujących o jakości wody po procesie uzdatniania oraz w sieci dystrybucyjnej miasta Krakowa. W 2018 r. prowadziłem badania w ramach grantu uczelnianego na Badania Młodych Naukowców (BMN) oraz Uczestników Studiów pt.: *Analiza wpływu procesów technologicznych na środowisko* (126/WTiZP/KTEW/02/2018/M/8126). Głównym celem badawczym było przedstawienie modelu oceny parametrów, decydujących o jakości wody przeznaczonej do spożycia, na przykładzie sieci wodociągowej miasta Krakowa oraz ocena korozyjności wody pitnej w Zakładach Uzdatniania Wody Wodociągów Miasta Krakowa.

W latach 2016-2019, jako wykonawca projektu zespołowego, brałem udział w badaniach statutowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, realizowanych przez Katedrę Technologii i Ekologii Wyróbów pt. *Racjonalizacja procesów i produktów* (086/WT-

KTEW/01/2016/S/6086, 080/WT-KTEW/01/2017/S/7080, 049/WTiZP-KTEW/01/2018/S/8049, 076/WTiZP-KTEW/01/2019/S/9076). Celem badań była analiza stosowanych metod i osiąganych efektów racjonalnego wykorzystania surowców i energii w projektowaniu oraz realizacji wybranych procesów wytwórczych i rozwoju produktu. Przedstawiono wyniki analizy współczesnych problemów zrównoważonej produkcji i konsumpcji, zwrócono uwagę na kontrowersyjne przypadki efektów negatywnych. Wskazano na istotę rozwoju cech ekologicznych wyrobów w procesach projektowania zgodnie z ideą zrównoważonej produkcji i konsumpcji. Przedstawiono zastosowanie wskaźników Six Sigma w określeniu jakości procesów przygotowania produkcja, a także rozwoju wyrobów i organizacji produkcji w środowisku rozproszonym. Badanie cyklu życia procesów i produktów na środowisko w celu optymalizacji wpływu na środowisko zrealizowano na przykładzie wybranych elementów armatury sanitarnej. Przeprowadzono także analizę czynników determinujących jakość wody przed jej uzdatnianiem oraz określono efektywność usuwania związków biogenych w procesie uzdatniania wody.

W latach 2020-2021 kontynuowałem współpracę w zespole projektowym w ramach badań z programu POTENCJAŁ Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie i realizowanego przez Katedrę Technologii i Ekologii Wyrobów pt. *Racjonalizacja procesów i produktów* (70/ZJE/01/2020/POT). Wiodącym paradygmatem prowadzonych badań było metodyczne działanie w konwencji cyklu życia procesu i produktu realizowane w odniesieniu branżowym. Tak szeroki zakres badań był prowadzony wieloetapowo i kontynuowany w kolejnych latach, stosownie do możliwości kadrowych i dysponowanych środków finansowych. Celem badań była analiza stosowania metod i osiąganych efektów racjonalnego wykorzystania surowców i energii w projektowaniu oraz realizacji wybranych procesów wytwórczych i rozwoju produktów.

Przedmiotem moich badań naukowych w ramach przedstawionych powyżej projektów były wyniki analiz laboratoryjnych próbek wody wykonanych przez Centralne Laboratorium Wodociągów Miasta Krakowa i pobieranych regularnie przez służby wodociągowe w latach 2014-2017. Ponadto w tym okresie wykonano własne badania konsumenckiej oceny jakości wody i zespołu sensorycznego we **współpracy** z Katedrą Jakości i Bezpieczeństwa Produktów Przemysłowych UEK¹³ na próbkach pobranych przez wodociągi, a także własne. Uzyskane dane zostały poddane szczegółowej analizie statystycznej z wykorzystaniem pakietu statystycznego SPSS.

¹³ Wcześniejsza nazwa to Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego UEK.

Oceniając jakość wody doprowadzanej do sieci wodociągowej miasta Krakowa należy stwierdzić, że średnie wartości analizowanych wskaźników mikrobiologicznych i fizykochemicznych w badanym okresie spełniają wymogi norm krajowych oraz europejskich. Z przeprowadzonych badań wynika, że najlepszą jakością cechowały się wody dostarczane przez ZUW Raba - najniższe wartości wskaźników fizykochemicznych w porównaniu z pozostałymi zakładami. Wyniki testu Kruska-Wallisa¹⁴ wskazują, że najwięcej wskaźników jakości wody istotnie różniących się pomiędzy średnimi wartościami odnotowano w punktach sieci zasilanej z ZUW Raba. Natomiast wtórne zanieczyszczenie wody w systemie wodociągowym najczęściej występowało w strefie zasilania z ZUW Bielany. Była to woda o najgorszej jakości, lecz w żadnym przypadku nie była szkodliwa. Z przeprowadzonych badań wynika, że większe znaczenie na jakość wody ma oddziaływanie materiału, z którego wykonano przewody rurociągowie niż odległość punktu w sieci od zakładu uzdatniania.

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w następujących rozdziałach monografii:

Jachimowski A. (2017), *Wpływ procesów dezynfekcji na jakość wody pitnej*, [w:] : *Dezynfekcja wody: zagrożenia, wyzwania, nowe technologie*, Bergier T., Włodyka-Bergier A. (red.), j. pol, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, s. 113-121, ISBN: 978-83-7464-946-9. **20 pkt MEiN.**

Jachimowski A. (2019), *Zarządzanie ryzykiem i niepewnością w działalności innowacyjnej przedsiębiorstw*, [w:] *Innowacyjność jako narzędzie kreowania jakości*, Cholewa-Wójcik A., Kawecka A. (red.), Towaroznawstwo w badaniach i praktyce = Commodity Science in Research and Practice, j. pol, Instytut Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy, Radom, s. 220-231, ISBN: 978-83-7789-596-2. **20 pkt MEiN.**

Jachimowski A., Turek (2019), *Wpływ innowacyjnej technologii dezynfekcji na właściwości sensoryczne wody pitnej*, [w:] *Innowacyjność jako narzędzie kreowania jakości*, Cholewa-Wójcik A., Kawecka A. (red.), Towaroznawstwo w badaniach i praktyce = Commodity Science in Research and Practice, j. pol, Instytut Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy, Radom, s. 200-210, ISBN: 978-83-7789-596-2. **20 pkt MEiN.**

Jachimowski A. (2021), *Wykorzystanie metody AHP w procesie decyzyjnym wyboru technologii dezynfekcji wody pitnej*, [w:] *Zagrożenia i zarządzanie w gospodarce wodno-ściekowej XXI wieku - wybrane problemy*, Grübel K., Jaguś A. (red.), j. pol, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, s. 86-99, ISBN: 978-83-66249-74-5. **20 pkt MEiN.**

Jachimowski A. (2021), *Analiza organizacyjno-ekonomiczna funkcjonowania zintegrowanego systemu gospodarki odpadami komunalnymi*, [w:] *Wiedza - gospodarka - społeczeństwo: wyzwania współczesnych organizacji i gospodarek*, Jaki

¹⁴ Test Kruskala-Wallisa to nieparametryczny odpowiednik jednoczynnikowej analizy wariancji. Stosowany jest w przypadku porównywania co najmniej trzech grup pod względem określonej zmiennej ilościowej.

A., Ziębicki B., j. pol, Instytut Nauk Ekonomicznych Polskiej Akademii Nauk, Warszawa, s. 195-205, ISBN: 978-83-61597-74-2. **20 pkt MEiN.**

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w następujących artykułach:

Jachimowski A. (2017), *Czynniki kształtujące jakość wody przed procesem jej uzdatniania*, Inżynieria Ekologiczna, vol. 18, z. 1, s. 118-125.

DOI: 10.12912/23920629/67003

12 pkt MEiN.

Jachimowski A. (2017), *Efektywność usuwania związków biogenych w procesie uzdatniania wody*, Inżynieria Ekologiczna, vol. 18, z. 4, s. 97-106.

DOI: 10.12912/23920629/74966

12 pkt MEiN.

Jachimowski A. (2017), *Factors Affecting Water Quality in a Water Supply Network*, Journal of Ecological Engineering, vol. 18, iss. 4, s. 110-117.

DOI: 10.12911/22998993/74288

12 pkt MEiN.

Jachimowski A. (2018), *Evaluation of the Quality of Water in the Water Supply Network of the City of Krakow*, Towaroznawcze Problemy Jakości, nr 1 (54), s. 20-36.

DOI: 10.19202/j.cs.2018.01.02

9 pkt MEiN.

Jachimowski A. (2018), *Effects of a New Water Disinfection Technology on Water Quality*, 10th Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering, EKO-DOK 2018, Polanica-Zdrój, PL, E3S Web of Conferences vol. 44, s. 1-8.

DOI: 10.1051/e3sconf/20184400052, CC: CC-BY

15 pkt MEiN.

Jachimowski A., Paprocki M., Wojnarowska M. (2018), *Tackling Air Pollution in Krakow*, 10th Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering, EKO-DOK 2018, Polanica-Zdrój, PL, E3S Web of Conferences, vol. 44, s. 1-8.

DOI: 10.1051/e3sconf/20184400053, CC: CC-BY

15 pkt MEiN.

Turek P., **Jachimowski A.** (2018), *Zastosowanie metody analizy sensorycznej w ocenie jakości wody*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, t. 92, nr 4, s. 155-159.

DOI: 10.15199/17.2018.4.7

11 pkt MEiN.

Jachimowski A. (2019), *Ocena korozyjności wody pitnej miasta Krakowa*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, t. 93, nr 9, s. 303-305.

DOI: 10.15199/17.2019.9.5

20 pkt MEiN.

Jachimowski A. (2019), *Efficiency of Pollutant Removal from Surface Water in a Conventional Water Treatment System*, 1st International Scientific Conference on Ecological and Environmental Engineering, EEE 2018, Kraków, PL, E3S Web of Conferences, vol. 86, s. 1-8.

DOI: 10.1051/e3sconf/20198600030, CC: CC-BY

5 pkt MEiN.

Jachimowski A., Nitkiewicz T. (2019), *Comparative Analysis of Selected Water Disinfection Technologies with the Use of Life Cycle Assessment*, Archives of Environmental Protection, vol. 45, no. 3, s. 3-10.

DOI: 10.24425/aep.2019.128635, CC: CC-BY-NC-ND

100 pkt MEiN.

Jachimowski A. (2019), *Effect of Different Disinfection Methods on Quality of Tap Water*, Geomatics and Environmental Engineering, vol. 13, nr 3, s. 47-57.

DOI: 10.7494/geom.2019.13.3.47

70 pkt MEiN.

W latach 2019-2020, w ramach grantu uczelnianego na Badania Młodych Naukowców (BMN) oraz Uczestników Studiów Doktoranckich pt. *Zastosowanie materiałów odpadowych jako źródło składników podwyższających właściwości antykorozyjne powłok lakierniczych* (114/WTIZP-KTEW/02/2019/M/9114), prowadziłem badania w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów UEK. Podstawowym założeniem badań było znalezienie inhibitorów korozji, czyli substancji, które po wprowadzeniu w niewielkich ilościach do środowiska korozyjnego spowodują znaczne ograniczenie szybkości korozji. W tym celu wykorzystano inżynierskie materiały odpadowych, takie jak mączka ceglana i tuf wulkaniczny na zabezpieczenie antykorozyjne elementów wykonanych ze stopów aluminium mających kontakt z agresywnym środowiskiem korozyjnym o kwasowym odczynie pH zawierającym związki chloru. Analiza badań polegała na porównywaniu wyników ilościowych (procentowy ubytek wagi w czasie, wyznaczenie średniej szybkości korozji), a także analizę przebiegu procesów korozyjnych i ewentualna zmiana charakteru korozji. Ostatnim etapem badań była **ocena jakości** uzyskanych powłok antykorozyjnych. Niniejszy projekt dotyczył szeroko pojętych zagadnień w **dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości**. Ponadto podnosił problemy związane z ochroną środowiska i gospodarką odpadami, dlatego wpisuje się w tematykę badań prowadzonych przez Katedrę Technologii i Ekologii Wyrobów. **W wyniku badań powstał następujący artykuł naukowy:**

Wygoda M., **Jachimowski A.**, (2022), *Possibilities of using brick powder and volcanic tuff to increase protection of anticorrosive agents*, Waste Management, **200 pkt MEiN (w trakcie recenzji)**.

W 2021 r. kontynuowałem badania po napisaniu monografii habilitacyjnej, dotyczące funkcjonowania zintegrowany system gospodarowania odpadami komunalnymi na terenie Gminy Miejskiej Kraków, którego zarządcą jest Miejskie Przedsiębiorstwo Oczyszczania Sp. z o.o. Dziś system ten uważany jest za jeden z najlepiej zorganizowanych

wśród dużych miast w Polsce. Dostosowanie się do zmian prawa na szczeblu centralnym, a także rosnące wymagania dotyczące poziomu recyklingu odpadów w gminach pociągają za sobą wzrost kosztów prowadzenia działalności związanej z gospodarką odpadami komunalnymi, które obejmują: koszty odbierania, transportu, zbierania, odzysku i unieszkodliwiania odpadów komunalnych, tworzenia i utrzymania punktów selektywnego zbierania odpadów, edukacji ekologicznej oraz obsługi administracyjnej tego systemu. Uzyskane wyniki badań zostały zaprezentowane (w formie prezentacji) na trzynastej Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. *Wiedza – Gospodarka – Społeczeństwo*, organizowanej w dniach 22-23 września 2021 r. w Krakowie. **Ponadto wyniki badań opublikowano w rozdziale monografii pokonferencyjnej:**

Jachimowski A. (2021), *Analiza organizacyjno-ekonomiczna funkcjonowania zintegrowanego systemu gospodarki odpadami komunalnymi*, [w:] *Wiedza - gospodarka - społeczeństwo: wyzwania współczesnych organizacji i gospodarek*, Jaki A., Ziębicki B. (red.), j. pol, Instytut Nauk Ekonomicznych Polskiej Akademii Nauk, Warszawa, s. 195-205, ISBN: 978-83-61597-74-2. **20 pkt MEiN.**

Celem artykułu było przedstawienie organizacji poszczególnych elementów zintegrowanego systemu gospodarki odpadami komunalnymi na terenie Gminy Miejskiej Kraków oraz dokonanie analizy kosztów funkcjonowania tego systemu. Analiza kosztów poniesionych przez Gminę Miejską Kraków w związku z odbieraniem, odzyskiem, recyklingiem i unieszkodliwianiem odpadów komunalnych została przeprowadzona dla siedmioletniego okresu badań (2014-2020). Z przeprowadzonych badań wynika, że największy udział w strukturze kosztów gospodarowania odpadami komunalnymi, generuje ich przetwarzanie w instalacjach komunalnych, a także odbieranie, transport i zbieranie.

Moje zainteresowania naukowe koncentrują się również wokół problemów technologii i ochrony środowiska, a przede wszystkim **nauk o jakości**. Szczególne zainteresowanie problematyką jakości wody i technologią jej uzdatniania zaowocowało koncepcją badań realizowanych w okresie współpracy z krakowskimi wodociągami. Za bardzo **ważne osiągnięcie naukowe** należy uznać tutaj **cykl artykułów** dotyczących oceny wpływu różnych metod uzdatniania wody na jej jakość. **Wskazane publikacje znajdują się poniżej:**

1. Adamczyk W., **Jachimowski A.** (2016), *Wpływ modernizacji chlorowni na jakość wody uzdatnionej*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 2, 58-61.
2. **Jachimowski A.** (2017), *Wpływ procesów dezynfekcji na jakość wody pitnej*, [w:] Bergier T., Włodyka-Bergier A. (red.), *Dezynfekcja wody: zagrożenia, wyzwania, nowe technologie*, Wydawnictwa AGH, Kraków, s. 113-121.

3. **Jachimowski A.**, Turek P. (2019), *Wpływ innowacyjnej technologii dezynfekcji na właściwości sensoryczne wody pitnej*, [w:] *Innowacyjność jako narzędzie kreowania jakości*, Cholewa-Wójcik A., Kawecka A. (red.), Towaroznawstwo w badaniach i praktyce = Commodity Science in Research and Practice, j. pol, Instytut Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy, Radom, s. 200-210, ISBN: 978-83-7789-596-2.
4. **Jachimowski A.** (2019), *Effect of Different Disinfection Methods on Quality of Tap Water*, Geomatics and Environmental Engineering, vol. 13, no 3, 47-57, DOI 10.7494/geom.2019.13.3.47.
5. **Jachimowski A.**, Nitkiewicz T. (2019), *Comparative Analysis of Selected Water Disinfection Technologies with the Use of Life Cycle Assessment*, Archives of Environmental Protection, vol. 45, no. 3, s. 3-10, DOI 10.24425/aep.2019.128635.
6. **Jachimowski A.** (2021), *Wykorzystanie metody AHP w procesie decyzyjnym wyboru technologii dezynfekcji wody pitnej*, [w:] *Zagrożenia i zarządzanie w gospodarce wodno-ściekowej XXI wieku - wybrane problemy*, Grübel K., Jaguś A. (red.), j. pol, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, s. 86-99, ISBN: 978-83-66249-74-5.

W celu dokonania wyboru odpowiedniego sposobu uzdatniania wody należy przede wszystkim ustalić ilość ujmowanej wody oraz jej jakość. Ocena jakości w tym przypadku polega na określeniu wartości parametrów fizykochemicznych, bakteriologicznych i biologicznych wody. Określenie składu i zmienności wody ułatwia w znaczący sposób zaprojektowanie odpowiedniego układu technologicznego. Dobór technologii, która umożliwi wyprodukowanie wody spełniającej wymagania Ustawodawcy jest warunkiem nadrzędnym. W ostatnich dziesięciu latach obserwuje się wzrost wymagań wobec wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Wiąże się to z nowelizacją przepisów krajowych, co jest skutkiem wejścia Polski do Unii Europejskiej i przyjęcie wymagań Wspólnoty. Zmiany te narzucają zwiększenie efektywności technologii uzdatniania wody w nowo powstających zakładach, jak i tych już użytkowanych.

Największą uwagę, w moich badaniach nad wpływem stosowania dezynfekcji na jakość wody pitnej poświęciłem innowacyjnej technologii dezynfekcji wody stosowanej w zakładzie Raba Wodociągów Miasta Krakowa (jest głównym źródłem zaopatrzenia w wodę Krakowa oraz kilku innych miejscowości), opierającej się na stosowaniu promieniowania ultrafioletowego i elektronicznie generowanego podchlorynu sodu. Analizie poddano wybrane wskaźniki mikrobiologiczne, ogólny węgiel organiczny, produkty chlorowania wody z grupy trihalometanów (THM) oraz chlor wolny. Wymienione parametry jakości wody oznaczono w Centralnym Laboratorium WMK w latach 2011–2017, przed wdrożeniem i po wdrożeniu powyższej technologii. Z przeprowadzonych badań wynika, że zmiana dezynfektanta powoduje

zmiany ilościowe THM-ów i chloru wolnego w wodzie dostarczanej do sieci wodociągowej. Po modernizacji chlorowni w 2014 r. zaobserwowano wzrost ubocznych produktów dezynfekcji wody w większości badanych punktach sieci wodociągowej. Dowodzi to, że wzrost stężenia ubocznych produktów chlorowania powoduje stosowanie promieni UV, które istotnie wpływa na potencjał tworzenia się tych związków przed dezynfekcją chemiczną. W tym okresie zanotowano również gwałtowny spadek chloru wolnego w systemie dystrybucji. Natomiast analiza bakteriologiczna wody potwierdziła skuteczność stosowania nowej technologii dezynfekcji wody.

Celem dalszych badań było sprawdzenie, czy po modernizacji chlorowni pomiędzy ocenianymi próbkami wody istnieje zauważalna sensoryczna różnica. W ocenie konsumenckiej organoleptycznej wody pitnej do porównań posłużyła woda butelkowana znanej marki (jej skład zbliżony był do wody badanej). Spośród różnych dostępnych technik różnicowych wybór padł na metodę trójkątową. Do badań sensorycznych wody wykorzystano próbki pobrane z badanego zakładu uzdatniania (ZUW Raba) oraz odpowiadających mu punktów w sieci miejskiej. W badanych wodach oznaczono wybrane parametry mikrobiologiczne i fizykochemiczne, które poddano szczegółowej analizie. Z przeprowadzonych badań wynika, że w porównywanych próbkach po wdrożeniu nowej technologii dezynfekcji nie zaobserwowano uchwytanych sensorycznych różnic. Największą korzyścią zastąpienia chloru gazowego elektrolitycznie generowanym podchlorynem sodu i promieniowaniem UV jest poprawa jakości uzdatnianej wody i wyeliminowanie zapachu chloru.

Szczególnym **osiągnięciem wnoszącym istotny wkład w rozwój wiedzy w zakresie dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości** jest następująca monografia współautorska:

Jachimowski A., Adamczyk W. (2020), *Zarządzanie jakością wody w miejskim systemie dystrybucji*, j. pol, 147 s., Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, ISBN: 978-83-7252-817-9. **120 pkt MEiN.**

Zarządzanie jakością wody w miejskim systemie dystrybucji jest problemem złożonym, ponieważ na jakość wody od momentu, gdy opuszcza ona zakład uzdatniania, do chwili dostarczenia jej finalnemu odbiorcy wpływa wiele różnorodnych czynników. Do najważniejszych z nich zalicza się: jakość wody surowej pobieranej z ujęcia, sposób jej uzdatnia, a także korozyjność, zdolność do wytrącania osadów, stan sanitarny sieci wodociągowej, armatury oraz urządzeń i zbiorników magazynujących wodę. Rozległa sieć wodociągowa stwarza problemy związane z utrzymaniem sprawności technicznej i bezpieczeństwa. Wielkość sieci wodociągowej ma również istotny wpływ na jakość wody

dostarczanej do odbiorcy, ponieważ czynnik czasu determinuje zmiany stanu sanitarnego wody wywołane rozwojem mikroflory. System dystrybucji wody powinien spełniać nie tylko wymagania jakościowe, ale również ilościowe, polegające na zapewnieniu ciągłości dostaw wody o stabilnym ciśnieniu zasilania. Przede wszystkim chodzi tu o zapobieganie wtórnemu rozpowszechnianiu się zanieczyszczeń wody w sieci, które może powodować: pogorszenie smaku lub zapachu, wzrost intensywności barwy lub mętności, rozwój mikroorganizmów, wzrost zapotrzebowania na środki dezynfekcyjne, a w konsekwencji wzrost stężenia ubocznych produktów dezynfekcji. Natomiast do wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci wodociągowej najbardziej przyczyniają się czynniki jakościowe – głównie brak stabilności chemicznej i biologicznej wody.

Niniejsza monografia jest obszernym materiałem analityczno-badawczym poprzedzonym analizą literatury przedmiotu. Rzeczone opracowanie stanowi również kompendium wiedzy i obszerną bazę danych odnośnie realizowanych procesów uzdatniania wody oraz czynników kształtujących jakość wody przeznaczonej do spożycia. Mój udział w opracowaniu monografii **wynosił 60%**. Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i metodologii badań, wykonaniu obliczeń, opracowaniu oraz interpretacji wyników badań. Zaprezentowane w monografii wyniki badań świadczą o dobrze opanowanym przeze mnie warsztacie badawczym w zakresie technik badawczych wykorzystywanych do oceny jakości wód oraz dużej zdolności interpretacyjnej uzyskanych wyników.

Strukturę monografii tworzy pięć rozdziałów z podziałem na dwie części. Pierwsza obejmuje trzy pierwsze rozdziały o charakterze opisowo-przeglądowym, druga – dwa rozdziały o charakterze metodyczno-badawczym.

W **rozdziale pierwszym** o charakterze opisowo-przeglądowym omówiono zagadnienia dotyczące zarządzania jakością wody pitnej, wymagań prawnych stawianych wodzie przeznaczonej do spożycia, zarządzania bezpieczeństwem wody pitnej oraz charakterystyki procesu monitorowania jakości wody. W części dotyczącej wymagań prawnych przedstawiono w syntetycznym ujęciu charakterystykę najważniejszych uregulowań prawnych unijnych i krajowych z tego zakresu. W podrozdziale traktującym o zarządzaniu bezpieczeństwem wody pitnej zaprezentowano podstawowe metody analizy ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę, najważniejsze elementy „planów bezpieczeństwa wody” (*water safety plans* – WSP), które ukierunkowane są na realizację celów zdrowotnych oraz etapy wdrożenia prewencyjnego zarządzania ryzykiem w krakowskich wodociągach. W końcowej części rozdziału

scharakteryzowano monitoring jakości wody prowadzony na poszczególnych etapach produkcji oraz w krakowskiej sieci wodociągowej.

W **rozdziale drugim** omówiono czynniki mające wpływ na wybór sposobu uzdatniania wody, scharakteryzowano stosowane metody uzdatniania wody z uwzględnieniem procesów koagulacji, sedymentacji, flotacji, filtracji, adsorpcji, aeracji, wymiany jonowej oraz dezynfekcji realizowanej metodami fizycznymi (metoda termiczna, metoda wykorzystująca promieniowanie UV oraz metoda wykorzystująca ultradźwięki) lub metodami chemicznymi (chlorowanie i ozonowanie wody). Zwrócono również uwagę na problem powstawania ubocznych produktów w procesie dezynfekcji, które posiadają niekorzystne działanie zdrowotne. W kolejnej części rozdziału przedstawiono charakterystykę procesów technologicznych uzdatniania wody, realizowanych w poszczególnych zakładach uzdatniania wody (ZUW) funkcjonujących w aglomeracji krakowskiej, do których należą: ZUW Bielany, ZUW Dłubnia, ZUW Rudawa oraz ZUW Raba. Aby przedstawić efektywność uzdatniania wody w układzie konwencjonalnym, posłużono się przykładem największego zakładu produkującego wodę pitną dla Gminy Miejskiej Kraków.

W **rozdziale trzecim** omówiono system dystrybucji wody oraz przedstawiono strukturę miejskich sieci wodociągowych ze szczególnym uwzględnieniem rodzajów przewodów wodociągowych, rodzajów sieci wodociągowych oraz scharakteryzowano funkcjonujący w Krakowie system wodociągowy. W trzecim podrozdziale określono czynniki kształtujące jakość wody w systemie jej dystrybucji, do których należą: jakość wody surowej i niezawodność techniczna procesów uzdatniania, zalegające w rurociągach osady, czynniki związane ze stanem technicznym sieci wodociągowej i wiekiem przewodów, warunki hydrauliczne panujące w sieci, procesy korozji przewodów wodociągowych, a także obecność w wodzie pozostałości po zastosowanych środkach dezynfekujących.

W **rozdziale czwartym** o charakterze badawczym w pierwszej kolejności omówiono czynniki naturalne i antropogeniczne, które mają istotny wpływ na jakość wody powierzchniowej przeznaczonej do uzdatniania. W dalszej części tego rozdziału przedstawiono charakterystykę wody surowej ujmowanej przez krakowskie zakłady uzdatniania wody z rzek: Sanka, Dłubnia i Rudawa oraz ze zbiornika zaporowego na rzece Rapie w miejscowości Dobczyce, który jest głównym źródłem wody pitnej dla miasta Krakowa. Następnie dokonano oceny jakości wód powierzchniowych ujmowanych przez krakowskie ZUW poprzez porównanie zmierzonych wskaźników zanieczyszczeń z wymaganiami, jakimi powinny odpowiadać kategorie jakości wody A1-A3, zawarte w załączniku 1 do rozporządzenia Ministra

Środowiska¹⁵ z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz.U. nr 204 poz. 1728). W końcowej części tego podrozdziału zaprezentowano analizę czynnikową metodą głównych składowych cech fizykochemicznych wód surowych ujmowanych przez krakowskie zakłady uzdatniania wody. W podrozdziale zatytułowanym „Badania jakości wody po jej uzdatnianiu” przedstawiono ocenę jakości wody dopuszczonej do sieci wodociągowej z czterech krakowskich zakładów uzdatniania wody na przełomie lat 2007-2017. Analizie poddano 5 wskaźników mikrobiologicznych, 9 wskaźników fizykochemicznych oraz 14 wskaźników chemicznych. W końcowej części tego podrozdziału zaprezentowano wyniki oceny jakości wody uzdatnionej w poszczególnych zakładach. W podrozdziale noszącym tytuł „Badanie jakości wody w sieci wodociągowej” przedstawiono wyniki analizy statystycznej, przeprowadzonej dla wybranych wskaźników jakości wody wodociągowej. Dane do analizy zgromadzono w siedmioletnim okresie badań i obejmowały parametry wody pobieranej z sieci dystrybucyjnej w latach 2011-2017. W analizie rozpatrzone zostały strefy zaopatrywania miasta wodami produkowanymi w czterech krakowskich ZUW oraz strefy wody mieszanej. Wybór 39 punktów poboru w całym obszarze zasilania umożliwił porównanie jakości wody pod względem eksploatacyjnym i technologicznym.

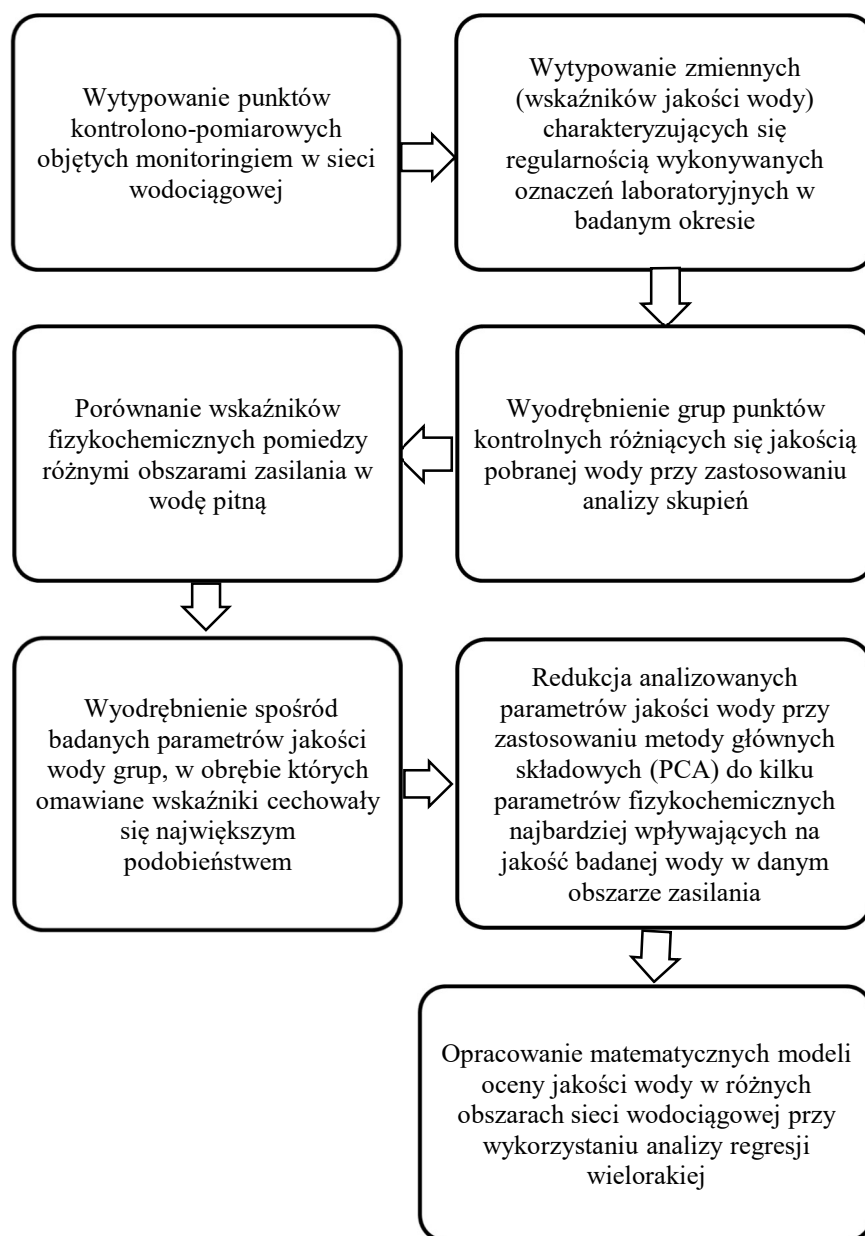
W rozdziale piątym w pierwszej kolejności przedstawiono zagadnienia dotyczące modelowania hydraulicznego i matematycznego sieci wodociągowej. Następnie zaprezentowano koncepcję modelowania jakości wody na podstawie analizy statystycznej wyników uzyskanych z pomiarów wskaźników. W celu opracowania matematycznego modelu oceny jakości wody w systemie dystrybucji zaproponowano algorytm postępowania. Wybrano punkty kontrolno-pomiarowe, z których woda regularnie była pobierana i analizowana przez służby laboratoryjne krakowskich wodociągów w latach 2011-2017. Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych poddano procedurom statystycznym z wykorzystaniem analiz wielowymiarowych, tzn. hierarchicznej analizy skupień oraz analizy czynnikowej metodą głównych składowych.

W swoich badaniach na potrzeby monografii zastosowałem bardzo szeroki zakres wskaźników jakości wody, które były analizowane na przestrzeni jedenastoletniego okresu badawczego (od 2007 do 2017 roku). Przebadanych zostało ponad trzy tysiące próbek wody surowej i pitnej oraz wykonanych około piętnastu tysięcy analiz. Wyniki badań poddano zaawansowanej analizie statystycznej o szerokim zakresie metod, które obejmowały

¹⁵ Rozporządzenie to zostało uchylone 2 lipca 2017 r., na podstawie Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. *Prawo wodne* (Dz.U. 2017 poz. 1566).

podstawowe parametry statystyczne, analizę czynnikową (PCA – *Principal Components Analysis*), analizę korelacji liniowej Pearsona, testy Shapiro-Wilka, Kołmogorowa-Smirnowa oraz Kruskala-Wallisa. Umożliwiło mi to, obiektywną interpretację uzyskanych wyników, a także znalezienie istotnych i ciekawych zależności pomiędzy badanymi parametrami jakości wody. Dzięki czemu opracowano nieskomplikowany model, który pozwala określić z dużym prawdopodobieństwem jakość wody na podstawie wartości kilku parametrów fizykochemicznych wyłonionych w toku analiz.

W celu opracowania matematycznego modelu oceny jakości wody w systemie dystrybucji zaproponowałem algorytm postępowania (rys. 2). Wybrano punkty kontrolno-pomiarowe, z których woda regularnie była pobierana i analizowana przez służby laboratoryjne krakowskich wodociągów w latach 2011 - 2017. Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych poddano procedurom statystycznym z wykorzystaniem analiz wielowymiarowych, tzn. **hierarchicznej analizy skupień** oraz **analizy czynnikowej metodą głównych składowych**. Analizie poddano następujące wskaźniki jakości oznaczone w wodzie wodociągowej: chlor wolny, barwę, mętność, odczyn pH, przewodność elektryczna, żelazo, glin, sól, amonowy jon, potas, magnez, wapń, Σ chloranów(V) i chloranów(III), fluorki, chlorki, azotany(III), azotany(V), fosforany(V), siarczany(VI), miedź, ogólny węgiel organiczny, Σ THM.



Rys. 2. Procedura budowy modelu oceny jakości wody wodociągowej

Źródło: opracowanie własne

W badaniach wykorzystano analizę składowych głównych (*Principal Component Analysis* – PCA), która przy redukcji liczby zmiennych pozwala na przedstawienie danego procesu lub zjawiska z zachowaniem maksymalnego poziomu informacji. Metodę zastosowano celem redukcji wymiarowości danych. Technika ta, dzięki minimalizacji liczby zmiennych potrzebnych do wyjaśnienia danego zjawiska, znacznie upraszcza interpretację wyników. W celu wyznaczenia nowych zmiennych (głównych składowych) wyodrębnia się te zmienne, które odznaczają się najwyższymi ładunkami czynnikowymi względem danych składowych. PCA polega na zastąpieniu wejściowego zbioru skorelowanych cech poprzez niewielką liczbę

nieskorelowanych składowych głównych, które stanowią liniowe kombinacje zmiennych obserwowanych.

Przeprowadzona analiza głównych składowych stanowi ogólny model oceny parametrów, które decydują o jakości wody w sieci wodociągowej miasta Krakowa. Polega ona na wyznaczeniu zupełnie nowych zmiennych (głównych składowych) w celu wyjaśnienia zmienności składu chemicznego analizowanych wód. Każdy z wyodrębnionych czynników został przedstawiony jako liniowa kombinacja pierwotnych zmiennych (wskaźników jakości wody). Wykorzystując czynnikowe techniki analityczne można zredukować liczbę zmiennych pierwotnych do kilku parametrów fizykochemicznych najbardziej wpływających na jakość badanej wody. Dla każdego obszaru zasilanego w wodę pitną, posłużyły one do przedstawienia matematycznego modelu oceny jakości wody w systemie jej dystrybucji, za wyjątkiem strefy zasilanej z ZUW Bielany.

Postać ogólnego modelu jakości wody wodociągowej zaprezentowano poniżej:

$$Y = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_n \cdot X_n$$

Modele opracowano z wykorzystaniem metody analizy regresji wielorakiej wykonanej w programie SPSS. Dane zostały przygotowane automatycznie z wykorzystaniem metody selekcji modelu - krokowej postępującej. Kryterium dla wprowadzenia/usunięcia zostało skorygowane - R^2 . W modelu uwzględniono efekty z wartościami $p < 0,05$ oraz usunięto efekty z wartościami $p > 0,1$. Ponadto dla analizowanych danych wykonano testy współliniowości.

Przeprowadzona analiza regresji wykazała, że predyktorami, które najczęściej wyjaśniały zróżnicowanie oceny jakości wody wodociągowej przez model, były: mętność, żelazo i stężenia azotanów(V). Natomiast opracowane modele pozwalają na wyjaśnienie od 3 do 50% (skorygowane R^2) zróżnicowania oceny jakości wody wodociągowej, w zależności od obszaru zasilania w wodę pitną.

W przedstawionych modelach stan jakości Q jest minimantą, ponieważ wzrost wartości składowych - wskaźników jakości powoduje odstępstwo od pożądanego stanu bez domieszek, gdy woda jest najwyższej jakości. Dlatego też działania podejmowane na podstawie modelu powinny być skierowane na obniżenie wartości poszczególnych składowych, między innymi poprzez stosowne modyfikacje procesu uzdatniania wody.

Reasumując, problematyka zawarta w niniejszej monografii stanowi wynik kilkuletnich badań dotyczących diagnozy stanu jakości wody w miejskiej sieci wodociągowej zasilającej aglomerację krakowską, a zwłaszcza stosowanych metod uzdatniania jako czynników determinujących jakość wody pitnej. Wyniki analiz cech jakości wody poddano interpretacji z wykorzystaniem metod statystycznych celem oceny stosowanych metod uzdatniania, a także

opracowania modelu stanu jakości wody, który może być wykorzystany w procesie **zarządzania jakością wody** w miejskiej sieci dystrybucyjnej Krakowa. Ostatecznie, uzyskane wyniki badań powinny przyczynić się do rozwoju wiedzy w **dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości** oraz posłużyć całej społeczności naukowej, jako źródło niezbędnej wiedzy specjalistycznej oraz propozycja szeregu podejść badawczych. Natomiast opracowanie nieskomplikowanego modelu matematycznego, który pozwala z dużym prawdopodobieństwem określić jakość wody na podstawie wartości kilku parametrów fizykochemicznych, stanowił punkt wyjścia do szerzej zakrojonych badań, których **wynikiem był następujący artykuł:**

Jachimowski A., Adamczyk W. (2022), *Model of evaluation of drinking water quality in a municipal water supply system*, Water. 100 pkt MEiN (w trakcie recenzji)

4.6.3. Wkład w rozwój dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości

Rola wody w życiu człowieka jest trudna do przecenienia. Szczególne znaczenie ma jakość wody pitnej, którą pozyskuje się z różnych źródeł. Jej skład chemiczny, właściwości fizyczne oraz jakość mikrobiologiczna decydują o zdrowiu konsumenta. Należy podkreślić, że człowiek od zarania dziejów zmagając się z problemem jakości wody pitnej i jej dystrybucji. Zaopatrzenie społeczeństwa w wodę przydatną do spożycia i dla celów gospodarczych to przedsięwzięcie bardzo odpowiedzialne i na ogromną skalę. Czynniki pochodzenia naturalnego i antropogenicznego wpływają znacząco na stopień zanieczyszczenia ujmowanych wód. Fakt ten wymusił stosowanie wysokoefektywnych procesów oczyszczania, by woda spełniała wymagania jakościowe określone w normach krajowych i europejskich. Zadanie to jest realizowane przez zakłady uzdatniania wody, łącznie z jej ujęciami i systemem wodociągowym. Natomiast w systemie dystrybucji istnieje ryzyko wtórnego zanieczyszczenia wody substancjami toksycznymi i określonymi bakteriami. Dlatego ocena jakości wody wymaga szeroko zakrojonych badań fizykochemicznych, sensorycznych, a także mikrobiologicznych.

Z kolei praktyczne wykorzystanie opracowanych modeli oceny jakości wody, polega na podejmowaniu działań w sferze zarządzania technologią uzdatniania i stanu technicznego sieci dystrybucyjnej oraz zmierza do uzyskania pożądanej zmiany struktury cech jakości i wartości poszczególnych składowych celem doskonalenia jakości wody. Cel ten można osiągnąć przez analizę scenariuszową, w której obok wspomnianych działań zostanie uwzględniona analiza kosztów działań. Rozwiązanie to ma zatem również **istotne znaczenie ekonomiczne**.

W świetle przedstawionych powyżej zagadnień, które są bezpośrednio związane z moim obszarem badawczym, tematyka napisanych przeze mnie opracowań naukowych jest niezwykle aktualna i istotna. Problematyka ta mieści się w obszarze **nauk społecznych** w dyscyplinie **nauki o zarządzaniu i jakości**, ponieważ w głównej mierze dotyczy czynników kształtujących jakość wody pitnej w pełnym cyklu jej życia, a więc od ujęcia wody surowej do jej dostarczenia konsumentom. Motywy podjęcia tego tematu badawczego są jak najbardziej uzasadnione z punktu widzenia jednego z najważniejszych wyzwań cywilizacyjnych, jakim jest zapewnienie dostępu do wody w aspekcie szeroko pojętej **jakości życia**.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W latach 2013-2018 **współpracowałem naukowo z Miejskim Przedsiębiorstwem Wodociągów i Kanalizacji S.A. w Krakowie**. Współpraca dotyczyła następujących działań: badań konsumenckich i sensorycznych wody pobieranej z krakowskich zakładów uzdatniania wody oraz z wybranych punktów miejskiej sieci wodociągowej przez pracowników Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, analizy statystycznej wyników fizykochemicznych wody, wymiany doświadczeń w obszarze zarządzania zasobami wody pitnej.

W latach 2015-2016 **współpracowałem z wydawnictwem BMP**. Jest to firma integrująca środowiska branżowe, proponująca nowe formy budowania porozumienia poprzez dostarczanie innowacyjnych rozwiązań z obszaru nawiązywania kontaktów biznesowych, wymiany wiedzy i doświadczeń. To organizator branżowych spotkań i wydarzeń – znanych i cenionych ogólnopolskich konferencji branżowych, wydawca profesjonalnych portali i magazynów, takich jak czasopismo WOD-KAN. Dla rzeczzonego czasopisma branżowego przygotowałem następujące artykuły:

Jachimowski A. (2015), *Z butelki czy z kranu*, Kierunek Wod-Kan, nr 4 (617), s. 40-44.

Jachimowski A. (2016), *Najlepiej uzdatniona*, Kierunek Wod-Kan, nr 2 (636), s. 8-11.

Pierwszy artykuł dotyczył oceny organoleptycznej wody z czterech krakowskich zakładów uzdatniania wody oraz wody butelkowanej jednego z czołowych producentów w Polsce. Przeprowadzona ocena zaliczana była do badań konsumenckich, w których

uczestniczyć mogły osoby nieprzeszkolone, które są lub mogą być odbiorcami (konsumentami) danego produktu¹⁶.

W drugim artykule przedstawiono badania, z których wynika, że do wyprodukowania wody najwyższej jakości niezbędne są nowoczesne metody uzdatniania, takie jak wymiana jonowa, odwrócona osmoza i procesy biologiczne. Pozwalają one w znaczny sposób ograniczać ilości związków biogennych i wskaźników zasolenia, co wpływa na zachowanie stabilności dostarczanej wody.

W latach 2017-2018 **współpracowałem z Wydziałem Zarządzania Politechniki Częstochowskiej** w zakresie wykorzystania środowiskowej analizy cyklu życia do badań jakości wody po procesie dezynfekcji. Uzyskane wyniki badań zostały zaprezentowane na międzynarodowej konferencji pt. *The First International Scientific Conference on Ecological and Environmental Engineering*, w dniach 26-29 czerwca 2018 r., która odbyła się na Uniwersytecie Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. **Ponadto wyniki badań zostały opublikowane w następującym artykule:**

Jachimowski A., Nitkiewicz T. (2019), *Comparative Analysis of Selected Water Disinfection Technologies with the Use of Life Cycle Assessment*, Archives of Environmental Protection, vol. 45, no. 3, s. 3-10. 100 pkt MEiN.

Celem artykułu było pokazanie wykorzystania środowiskowej oceny cyklu życia (LCA) do porównania wpływu na środowisko różnych technologii stosowanych w procesie dezynfekcji wody. Dla cyklu życia procesu dezynfekcji wody w zakładzie uzdatniania wody Raba Wodociągów Miasta Krakowa w niniejszej pracy zostały sformułowane dwa scenariusze: (1) historyczny, w którym dezynfektantem jest chlor gazowy oraz (2) bieżący, w którym rolę tę spełnia układ dwustopniowy z promieniowaniem UV i podchlorynem sodu. Podstawowe dane były uzupełniane rekordami bazy danych ecoinvent 3. Oddziaływanie środowiskowe poddano ocenie przy wykorzystaniu metody IMPACT2002+. Pośrednie i końcowe wskaźniki kategorii wpływu wyliczono przy wykorzystaniu oprogramowania SimaPro 8. Analiza obejmowała wybrane fazy cyklu życia: sam proces dezynfekcji i następujący po nim proces dystrybucji wody. W ocenie wykorzystano dane ilościowe o przepływach i emisjach w procesie dezynfekcji wody z wybranego zakładu uzdatniania wody. Wyniki wstępnych analiz pokazały, że zmiana dezynfektanta powoduje zmiany ilościowe trihalometanów (THM) i chloru wolnego

¹⁶ Szczegóły dotyczące zakresu badań opisanych w niniejszej publikacji przedstawiłem w rozdziale 4.6.1. Autoreferatu.

w wodzie dostarczanej do sieci wodociągowej. Analiza wskazała, że w fazie dezynfekcji użycie chloru gazowego jest bardziej szkodliwe dla środowiska. Natomiast wyniki analizy potwierdziły wyższy potencjał tworzenia się THM i większy wpływ na środowisko połączonej metody dezynfekcji UV / NaClO w fazie dystrybucji wody.

W 2017 roku **współpracowałem z Krakowską Wyższą Szkołą Promocji Zdrowia**. Współpraca polegała na wykonywaniu badań konsumenckich i sensorycznych wody pitnej. Korzystano z infrastruktury badawczej i pomiarowej. Wspomagano również działalność dydaktyczną w zakresie analiz sensorycznych i badań konsumenckich. Badano preferencje konsumentów odnośnie spożywania wody wodociągowej. Uzyskane wyniki badań zostały zaprezentowane na trzeciej konferencji naukowej z cyklu *Towaroznawstwo w badaniach i praktyce/Commodity Science in Research and Practice*, pod tytułem: *Nauki o jakości wobec wyzwań innowacyjnej gospodarki i zrównoważonego rozwoju*, 6-8 listopada 2019 r., która odbyła się na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie. **Ponadto wyniki badań zostały opublikowane w rozdziale monografii:**

Jachimowski A., Turek (2019), *Wpływ innowacyjnej technologii dezynfekcji na właściwości sensoryczne wody pitnej*, [w:] *Innowacyjność jako narzędzie kreowania jakości*, Cholewa-Wójcik A., Kawecka A. (red.), *Towaroznawstwo w badaniach i praktyce = Commodity Science in Research and Practice*, j. pol, Instytut Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy, Radom, s. 200-210.

Głównym celem badań było stwierdzenie czy po modernizacji chlorowni pomiędzy ocenianymi próbkami wody istnieje zauważalna sensoryczna różnica. W ocenie konsumenckiej organoleptycznej wody pitnej do porównań posłużyła woda butelkowana znanej marki. Spośród różnych dostępnych technik różnicowych wybór padł na metodę trójkątową. Do badań sensorycznych wody wykorzystano próbki pobrane z badanego zakładu uzdatniania oraz odpowiadających mu punktów w sieci miejskiej. W badanych wodach oznaczono wybrane parametry mikrobiologiczne i fizykochemiczne, które poddano szczegółowej analizie. Z przeprowadzonych badań wynika, że w porównywanych próbkach po wdrożeniu nowej technologii dezynfekcji nie zaobserwowano uchwytanych sensorycznych różnic. Największą korzyścią zastąpienia chloru gazowego elektrolitycznie generowanym podchlorynem sodu i promieniowaniem UV jest poprawa jakości uzdatnianej wody i wyeliminowanie zapachu chloru.

Od 2021 roku rozpocząłem **współpracę z Instytutem Zrównoważonej Energii „Miękinia”**. Powstanie Instytutu „Miękinia” wiąże się z rosnącym zainteresowaniem tematyką Odnawialnych Źródeł i Poszanowania Energii oraz z wprowadzeniem regulacji prawnych

dotyczących wymienionego zagadnienia. Celem firmy jest działalność badawczo – rozwojowa, a także realizacja projektów z zakresu poszanowania energii i wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz dziedzin pokrewnych. Współpraca polega na prowadzeniu wspólnych badań w zakresie odnawialnych źródeł energii oraz korzystania z infrastruktury badawczej. Wynikiem współpracy będą publikacje w wysoko punktowanych czasopismach. **Aktualna współpraca zaowocowała napisaniem następującego artykułu:**

Pełka G., Wygoda M., Luboń W., Pachytel P., **Jachimowski A.**, Paprocki M., Wyczesany P., Kotyza J. (2021), *Analysis of the Efficiency of a Batch Boiler and Emissions of Harmful Substances during Combustion of Various Types of Wood*, Energies, vol. 14, iss. 20, s. 1-25. **140 pkt MEiN.**

Celem publikacji była analiza przebiegu zmian rzeczywistej sprawności i emisji kotła na paliwo stałe, na przykładzie najpopularniejszego typu kotła okresowego eksploatowanego w ostatnich latach w Polsce. Przedmiotem analizy było porównanie wartości emisji do atmosfery substancji szkodliwych w zależności od rodzaju spalanego w kotle drewna. Badania obejmowały charakterystykę spalania trzech rodzajów biomasy drzewnej, tj. sosny, brzozy i buka. Na podstawie przeprowadzonych badań trzech rodzajów drewna, buk ma najniższe wartości CO (3497 mg/m³) i pyłu (116,9 mg/m³). Mimo to uzyskane wyniki przekraczały obecnie dopuszczalne limity oparte na normie PN:EN 303-5:2012. Najwyższą wydajność (54,13%) uzyskano dla drewna brzoźowego, najniższą dla sosny (45,13%). Badania wykazały, że rzeczywista sprawność cieplna podczas spalania drewna, niezależnie od rodzaju spalanego drewna jest niska. Podsumowując, przestarzałe instalacje przyczyniają się do kilkukrotnie większego zanieczyszczenia powietrza, co wskazuje na konieczność wymiany nieefektywnych źródeł ciepła na paliwa stałe na nowoczesny sprzęt spełniający najbardziej rygorystyczne normy.

Pod koniec 2021 roku **nawiązałem kontakt z instytucją zagraniczną** w zakresie odbycia szkolenia z modelowania LCA w gospodarce odpadami komunalnymi. Jest to Wydział Inżynierii Środowiska na Uniwersytecie Technicznym w Danii. Na tymże Uniwersytecie opracowano program EASETECH do wykonywania badań analizy cyklu życia systemów gospodarki odpadami. Celem kursu jest zdobycie kompetencji w ocenie systemów gospodarki odpadami i technologii odpadowych w odniesieniu do przepływu masowych, obciążeń i oszczędności środowiskowych oraz wykorzystania i odzysku zasobów z perspektywy cyklu życia. Ponadto nawiązanie kontaktu z tą jednostką badawczą umożliwiło mi wymianę wiedzy i doświadczeń w zakresie prowadzonych przeze mnie badań.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

Posiadam wykształcenie z zakresu: chemii środowiska, zarządzania i inżynierii produkcji oraz towaroznawstwa. Studia licencjackie na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego rozpocząłem w 2005 roku. Ze względu na wyróżniające wyniki w nauce, już po ukończeniu pierwszego semestru pierwszego roku studiów, zostałem członkiem grupy badawczej działającej w ramach Pracowni Badań nad Trwałością i Degradacją Papieru. Niniejsza Pracownia powstała ze środków funduszy Wieloletniego Programu Rządowego: *Kwaśny Papier. Ratowanie w skali masowej zagrożonych polskich zbiorów bibliotecznych i archiwalnych*, realizowanego w latach 2000-2008. W programie brało udział kilka jednostek naukowych z całej Polski oraz jednostek kultury. Pracownia stanowiła pierwszą tego typu specjalistyczną instytucję w Polsce i jedną z kilku na świecie. Udział w tym unikatowym przedsięwzięciu dał mi możliwość prowadzenia badań technologicznych papieru na światowym poziomie oraz szybkiego rozwoju naukowego. Wyniki moich badań przedstawiłem w pracy licencjackiej pt. *Wykorzystanie chemicznych metod analizy do badania grup karbonylowych na zdegradowanej celulozie*. Celem niniejszej pracy było wykonanie oznaczeń grup karbonylowych technikami analizy miareczkowej w próbkach papieru poddanych eksperymentom przyspieszonego starzenia. Analizie chemicznej poddane zostały dwa modelowe gatunki papieru P1¹⁷ i P3¹⁸. Spośród powstających w trakcie utleniania celulozy grup karbonylowych wyróżniono następujące produkty: grupy aldehydowe, ketonowe oraz karboksylowe, które można oznaczać metodami analizy chemicznej. W pracy rozpatrywałem proces utleniania, jako jedną z najważniejszych po kwasowej hydrolizie przyczyn degradacji papieru. Powstałe produkty reakcji utleniania celulozy pozwalały stwierdzić, w jakim stopniu zaszła degradacja kwasowa.

W 2008 roku rozpocząłem studia magisterskie na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego. W trakcie studiów współpracowałem z Zakładem Hydrologii w Instytucie Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, biorąc udział w grancie badawczym pt. *Czynniki warunkujące zróżnicowanie przestrzenne i dynamikę chemizmu wód w Tatrzańskim Parku Narodowym*. W niniejszym projekcie zaangażowany byłem w badania terenowe, jako osoba wspomagająca kartowanie obiektów wodnych Tatrzańskiego Parku Narodowego. Wynikiem tejże współpracy była praca magisterska dotycząca wpływu

¹⁷ Papier zawierał celulozę drzew iglastych

¹⁸ Papier zawierał celulozę i ligninę drzew iglastych, oraz wypełniacz (kaolin)

naturalnych uwarunkowań na skład chemiczny wód powierzchniowych i podziemnych poszczególnych części TPN pt. *Czynniki kształtujące chemizm wód tatrzańskich, ze szczególnym uwzględnieniem metodyki badań stężenia jonów*. Celem niniejszej pracy było określenie naturalnych uwarunkowań kształtujących chemizm wód powierzchniowych i podziemnych występujących w obszarze wysokogórskim o różnej budowie geologicznej. Do oznaczania twardości węglanowej, niewęglanowej i ogólnej wód drenujących krystaliczne i osadowe zlewnie w Tatrzańskim Parku Narodowym wykorzystano metody miareczkowe oraz metodę chromatografii jonowej do oznaczania anionów i kationów, a także metody kameralne. Badania polegały na oznaczeniu składu chemicznego analizowanych wód oraz wyznaczeniu typu hydrochemicznego. Na podstawie wyników właściwości fizyko-chemicznych pobranych prób dokonano oceny jakości wody i określono wpływ metodyki oznaczenia jonów, otrzymanych metodą chromatograficzną i miareczkową. Wyniki zostały porównane w oparciu o zmiany chemizmu wód w ostatnim 60-leciu. Największy wpływ na kształtowanie właściwości fizyko-chemicznych badanych wód miały warunki geologiczne, związane z podłożem, na którym występowała woda.

W 2010 roku na Uniwersytecie Jagiellońskim ukończyłem trzyletnie studia podyplomowe, kwalifikujące do nauczania chemii na wszystkich szczeblach edukacyjnych. Ukończone studium pedagogiczne zapewniło mi odpowiednie przygotowanie dla potrzeb szkolnictwa, a także umożliwiło mi nabycie umiejętności zawodowych w zakresie twórczego rozwiązywania problemów, emisji głosu, asertywnej autoprezentacji oraz efektywnego posługiwania się mediami.

Przez cały okres trwania studiów na Uniwersytecie Jagiellońskim byłem związany z działalnością *Naukowego Koła Studentów Ochrony Środowiska*, jako członek, a następnie jako osoba współodpowiedzialna za sekcję turystyczną. Dołączenie do Koła naukowego umożliwiło mi rozwój w obszarach, które szczególnie mnie interesowały poprzez uczestnictwo w seminariach, konferencjach i wyjazdach naukowych, z których część sam organizowałem.

We wrześniu 2008 roku rozpocząłem studia drugiego stopnia na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki. W marcu 2010 r. zdałem egzamin dyplomowy, uzyskując tytuł magistra inżyniera. Zwieńczeniem okresu studiów była praca magisterska pt.: *Badanie innowacyjności polskich przedsiębiorstw przemysłu maszynowego*. W trakcie studiów na Politechnice Krakowskiej byłem współautorem referatu: *Innowacyjność polskich przedsiębiorstw przemysłu maszynowego – bariery i szanse rozwoju*, który został wygłoszony na konferencji: *Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie* w Zakopanem w 2010 roku.

W 2009 roku rozpocząłem studia drugiego stopnia magisterskie na Wydziale Towaroznawstwa Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. W lipcu 2011 roku obroniłem pracę magisterską pt. *Ocena jakości wód pitnych miasta Krakowa*.

We wrześniu 2011 roku zostałem zatrudniony na stanowisku **pracownika dydaktycznego** w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Następnie w marcu 2013 roku zostałem zatrudniony na stanowisku **asystenta** w tejże Katedrze. W 2015 roku w Studium Pedagogicznym przy Katedrze Psychologii i Dydaktyki Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie ukończyłem kurs doskonalenia pedagogicznego dla nauczycieli akademickich. W 2016 roku obroniłem pracę doktorską pt. *Czynniki kształtujące jakość wody pitnej miasta Krakowa* z wyróżnieniem. Obecnie nadal pracuję w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie na stanowisku **adiunkta**. Od momentu zatrudnienia na stanowisku asystenta w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów aktywnie uczestniczyłem w badaniach statutowych i projektach *Potencjał*, realizowanych w Katedrze w latach 2014-2021, pogłębiając swoją wiedzę teoretyczną oraz warsztat badawczy.

Od 2021 roku jestem **kierownikiem projektu badawczego** pt. *Ekologiczne metody doskonalenia procesów logistyczno-technologicznych i jakości produktów* realizowanego przez Katedrę Technologii i Ekologii Wyrobów UEK, w ramach programu *Potencjał 2021*. Celem projektu jest przegląd, analiza i ocena funkcjonowania wybranych instalacji technologicznych pod względem ich wpływu na środowisko. Ocenie podlegać będą zarówno procesy technologiczne, jak i logistyczne dotyczące funkcjonowania przedsiębiorstw i instytucji związanych z inżynierią środowiska. Badania dotyczą problematyki procesów logistyczno-technologicznych ze szczególnym uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska, które zachodzą w procesach uzdatniania wody pitnej, oczyszczania wody basenowej oraz gospodarowania odpadami komunalnymi w zakładach będących komunalnymi instalacjami przetwarzania odpadów. Wyniki z przeprowadzonych badań posłużą do opracowania m.in. ekologicznej oceny cyklu życia, sposobu doskonalenia z wykorzystaniem metod Six Sigma, modeli decyzyjnych, a także zaproponowania działań usprawniających w/w procesy.

Chciałbym nadmienić, że posiadam duże doświadczenie w prowadzeniu zajęć dydaktycznych zdobyte w czasie pracy, jako pracownik naukowo-dydaktyczny w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów UEK. Od 2011 roku byłem odpowiedzialny za prowadzenie zajęć dydaktycznych (wykładów i ćwiczeń) na kierunkach: *Towaroznawstwo, Zarządzanie*

i Inżynieria Produkcji oraz Logistyka Międzynarodowa realizowanych na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie z następujących przedmiotów:

- Inżynieria procesów przemysłowych, lata 2011-2015 - prowadzenie ćwiczeń z zakresu przedmiotu;
- Technologia, lata 2011-2015 - prowadzenie ćwiczeń z zakresu przedmiotu;
- Procesy i techniki produkcyjne dla kierunku *Zarządzanie i Inżynieria Produkcji*, lata 2011-2015 - prowadzenie ćwiczeń z zakresu przedmiotu;
- Procesy i techniki produkcyjne dla kierunku *Logistyka Międzynarodowa*, lata 2016-2021 - prowadzenie wykładów i ćwiczeń z zakresu przedmiotu, koordynacja przedmiotu;
- Zarządzanie gospodarką odpadami dla kierunku *Zarządzanie i Inżynieria Produkcji*, lata 2018-2021 - prowadzenie wykładów;
- Technologie czystszej produkcji i gospodarka odpadami, rok 2019 - prowadzenie wykładów;
- Technologie i organizacja czystszej produkcji, rok 2021 - prowadzenie wykładów;
- Zintegrowane systemy wytwarzania, lata 2019-2021 - prowadzenie wykładów.

Syntetyczne zestawienie mojej **działalności dydaktycznej** od początku zatrudnienia na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Syntetyczne zestawienie działalności dydaktycznej na UEK w latach 2011-2021.

Rodzaj obciążenia	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2020/ 2021
Liczba godzin wykładów	—	—	—	—	—	48	66	105	87	96
Liczba godzin ćwiczeń	168	272	202	216	231	300	246	178	154	114
Liczba godzin seminariów	—	—	—	—	—	—	—	—	24	18
Łączna liczba godzin	168	272	202	216	231	348	312	283	265	228

Źródło: Zespół ds. Jakości Kształcenia UEK

Prowadzę zajęcia dydaktyczne na wysokim poziomie merytorycznym, co jest systematycznie potwierdzane semestralnymi wynikami ewaluacji jakości kształcenia.

W latach 2016 – 2019, **prowadziłem zajęcia na studiach podyplomowych** w Wyższej Szkole Turystyki i Ekologii w Suchej Beskidzkiej w zakresie: *Elementy Towaroznawstwa* dla

kierunku *Reklama i Public Relations dla Nauczycieli* oraz *Towaroznawstwo dla kierunku Gastronomia i Żywnienie Człowieka dla Nauczycieli*.

W 2018 roku **prowadziłem zajęcia na studiach podyplomowych** na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie w zakresie: *Inżynierii procesów przemysłowych dla kierunku Metody i Techniki Zarządzania Procesowego*. Studia dedykowane były dla kadry kierowniczej Wodociągów Miasta Krakowa. Zajęcia te pozwoliły pracownikom Przedsiębiorstwa znacząco poszerzyć wiedzę teoretyczną, jak również przyswoić jej praktyczne aspekty, ze szczególnym uwzględnieniem metod i technik stosowanych w obszarze zarządzania procesowego.

W roku akademickim 2020/2021, w ramach pracy naukowo-dydaktycznej, byłem **promotorem 7 prac inżynierskich** na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, które realizowane były w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.

Od 2019 roku pełnię obowiązki **opiekuna praktyk studenckich** w Katedrze Technologii i Ekologii Wyrobów dla kierunku *Zarządzanie i Inżynieria produkcji*. W roku akademickim 2019/2020 miałem pod opieką 15 studentów, natomiast w 2020/2021 – 10 osób. Do moich obowiązków należy m.in.: akceptacja wybranego przez studenta podmiotu gospodarczego lub instytucji jako miejsca praktyki, zatwierdzenie programu praktyki, uzgodnione pomiędzy stronami umowy o organizację praktyki studenckiej, rozliczenie studenta z realizacji programu praktyki, a także dokonanie odpowiedniego wpisu do systemu USOS – po dostarczeniu przez studenta stosownego raportu z przebiegu praktyki.

W latach 2017-2019 **reprezentowałem** Katedrę Technologii i Ekologii Wyrobów na trzech konferencjach poświęconych **doskonaleniu nauczania**. Sympozjum Dydaktyczne to wspólna inicjatywa Władz Rektorskich Uniwersytetu Ekonomicznego, Pełnomocnika Rektora ds. Jakości Kształcenia oraz Zespołu ds. e-Learningu. W konferencjach uczestniczyli przedstawiciele Katedr, Dyrektorzy Instytutów oraz Dziekani Wydziałów (obecnie Kolegiów), których zadaniem była analiza sytuacji uczelni zarówno w aspekcie nowej Ustawy o nauce i szkolnictwie wyższym, jak i możliwości wspierania nauczycieli akademickich w rozwoju. Poniżej podaję wykaz konferencji, w których uczestniczyłem jako **Przedstawiciel Katedry**:

- I Sympozjum Dydaktyczne pt. *Reforma szkolnictwa wyższego w Polsce a jakość kształcenia na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie* odbyło się w dniach 3-4 kwietnia 2017 r. w Radoczy k. Wadowic;
- II Sympozjum Dydaktyczne pt. *Jakość kształcenia w świetle nowych rozwiązań legislacyjnych a wyzwania adaptacyjne uczelni* odbyło się w dniach 13-14 marca 2018 r. w Radoczy k. Wadowic;

- III Sympozjum Dydaktyczne pt. *Jakość kształcenia w ustawie 2.0 – konsekwencje dla UEK* odbyło się w dniach 5-6 marca 2019 r. w Radoczu k. Wadowic.

Posiadam **dorobek w zakresie doskonalenia dydaktyki** poprzez inicjowanie nowych przedmiotów i opracowanie kart programowych na studiach, magisterskich oraz podyplomowych. Do szczególnych **osiągnięć dydaktycznych** należy również zaliczyć opracowanie następujących materiałów do prowadzonych przeze mnie zajęć:

1. Opracowanie autorskich wykładów i ćwiczeń z przedmiotu *Procesy i techniki produkcyjne* dla kierunku Logistyka Międzynarodowa (studia I stopnia inżynierskie) na Wydziale Ekonomii i Stosunków Międzynarodowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie¹⁹.
2. Opracowanie autorskich wykładów i ćwiczeń z przedmiotu *Towaroznawstwo oraz Elementy towaroznawstwa* dla studiów podyplomowych w Wyższej Szkole Turystyki i Ekologii w Suchej Beskidzkiej.
3. Opracowanie projektu ćwiczeniowego pn. *Organizacja procesu produkcji wybranego urzędu*, w ramach zajęć ćwiczeniowych z przedmiotu *Procesy i techniki produkcyjne* dla kierunku Logistyka Międzynarodowa (studia I stopnia inżynierskie).
4. Opracowanie autorskich wykładów i ćwiczeń z przedmiotu *Inżynieria procesów przemysłowych* dla kierunku Metody i techniki zarządzania procesowego w ramach studiów podyplomowych na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie, które były realizowane w Katedrze Zarządzania Procesowego w 2018 r.
5. Opracowanie autorskich wykładów z przedmiotu *Zintegrowane systemy wytwarzania* dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji (studia II stopnia magisterskie) na specjalności Projakościowe Zarządzanie Produkcją w Instytucie Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Jest to nowy kurs specjalnościowy, do którego zostały zaproponowane tematy i organizacja spotkań wykładowych.

Od momentu zatrudnienia na stanowisku asystenta na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie aktywnie uczestniczę również w działaniach organizacyjnych w ramach Wydziału Towaroznawstwa i Zarządzania Produktem, a aktualnie Kolegium Nauk o Zarządzaniu i Jakości. Od 2013 roku systematycznie uczestniczyłem w Dniach Otwartych Uniwersytetu

¹⁹ Aktualnie kierunek studiów realizowany jest w Instytucie Zarządzania UEK w Katedrze Zarządzania Międzynarodowego

Ekonomicznego w Krakowie, promując kierunki *Towaroznawstwo* oraz *Zarządzanie i Inżynieria Produkcji*.

Do pracy organizacyjnej zaliczam wszystkie działania na rzecz Uczelni, Wydziału/Instytutu i Katedry. Staram się wykonywać je nie tylko w środowisku wewnątrz uczelnianym, ale również poza Uczelnią. Do istotnych prac organizacyjnych zaliczam:

- Od 2016 do 2017 roku byłem **członkiem Zespołu Audytu Pomieszczeń**, którego głównymi zadaniami było: ocena wywieranego wrażenia, charakteru zagospodarowania i stylu użytkowania przestrzeni w całym kampusie; analiza pomieszczeń w katedrach UEK, pod względem powierzchni zajmowanej przez jednego pracownika; analiza modelu użytkowania pomieszczeń przez pracowników UEK; prace nad propozycją kompleksowych rozwiązań problemów lokalowych na kampusie UEK.
- Od 2016 do 2019 roku byłem **Zastępcą Przewodniczącego Komisji Stypendialnej** Wydziału Towaroznawstwa i Zarządzania Produktem dla studentów. Komisja stypendialna na Wydziale Towaroznawstwa i Zarządzania Produktem, zajmowała się orzekaniem i przyznawaniem stypendiów socjalnych, jednorazowych zapomóg oraz miejsc w domach studenckich po weryfikacji dokumentacji złożonej przez studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych.
- W 2018 roku byłem **odpowiedzialny za zbieranie danych na poczet akredytacji** dla kierunku *Towaroznawstwo*. Jako pracownik wyznaczony z Katedry Technologii i Ekologii Wyrobów przygotowywałem informacje nt. działalności naukowo-badawczej Katedry za okres ostatnich 5 lat. W wyniku tych działań opracowałem dokument, który stanowił załącznik do raportu samooceny. Uzyskane dane zawarte w formularzach posłużyły do przygotowania (uzupełnienia) zbiorczego opracowania nt. działalności naukowo-badawczej Wydziału Towaroznawstwa i Zarządzania Produktem, stanowiącego kryteria w ocenie kierunku Towaroznawstwo. W opracowaniu uwzględniono również dane uwypuklające działalność naukową, która była związana z realizacją efektów kształcenia na tym kierunku, z uwzględnieniem specjalności.
- W 2020 roku byłem **członkiem Obwodowej Komisji Wyborczej** Instytutu Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem przy wyborze kandydatów do Kolegium Elektorów, które odbyły się w dniu 13.02.2020 r.

- Od 2020 r. **pełnię funkcję Członka Kolegium Elektorów** Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie wybranego z Instytutu Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem na kadencję 2020-2024.
- W latach 2020-2021 byłem **członkiem zespołu programowo-dydaktycznego** w Instytucie Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem. Zespół ten pełni funkcje organu opiniodawczego i konsultacyjnego Dyrektora Instytutu. Do najważniejszych zadań zespołu należą sprawy związane z: opracowaniem kryteriów wprowadzania zmian w programach studiów; opiniowaniem projektów kierunkowych efektów kształcenia i programów studiów oraz ich zmian; weryfikacja planów studiów i programów kształcenia zgodnie z Polską Ramą Kwalifikacji oraz wytycznymi Senatu Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie; podejmowanie działań w zakresie doskonalenia form dydaktyki.
- Od 2020 roku jestem **Członkiem Rady Instytutu** Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem, jako przedstawiciel pozostałych nauczycieli akademickich. Na Radzie Instytutu reprezentuję Katedrę Technologii i Ekologii Wytrobów.

Od ukończenia studiów wyższych umiejętnie łączę naukę z praktyką, co zaowocowało następującym **doświadczeniem zawodowym**:

1. W 2011 roku, w okresie trzech miesięcy **pracowałem** w firmie MATMAR-CHEM Sp. z o. o. z siedzibą w Krakowie na stanowisku **Przedstawiciel handlowy od logistyki**. Do moich najważniejszych obowiązków należało: przygotowanie towaru do sprzedaży, wysyłanie przesyłek, obsługa programu Comarch Optima, realizacja planów sprzedażowych, przygotowywanie ofert cenowych oraz projektów umów dla klientów zgodnie z przyjętymi standardami oraz koordynacja ich właściwej realizacji, realizacja strategii sprzedaży, a w szczególności dbanie o rentowność sprzedawanych produktów logistycznych, raportowanie zgodnie z przyjętymi standardami w wyznaczonym obszarze oraz prowadzenie i aktualizacja bazy danych Klientów.
2. W latach 2012-2014 **kontynuowałem współpracę** z przedsiębiorstwem przemysłowym MATMAR-CHEM Sp. z o. o., jako **Specjalista ds. Badań i Rozwoju**. Prowadziłem badania dotyczące właściwości spoiw polimerowych stosowanych w materiałach lakierniczych w przemyśle automotive oraz wykorzystania nowych surowców i procesów technologicznych. Ponadto byłem odpowiedzialny za: przygotowywanie wdrożenia nowych produktów (opracowanie receptur i technologii), przygotowanie prób produkcyjnych i laboratoryjnych, realizację programu badawczo-rozwojowego, przegląd publikacji naukowych i dostępnych baz danych pod kątem

wdrażania nowych produktów. Byłem również odpowiedzialny za nadzór nad strategią badawczo-rozwojową i wdrażanie nowych produktów w przedsiębiorstwie. Do głównych moich obowiązków na tym stanowisku należało: dbanie o rozwój nowych produktów przy wykorzystaniu najnowszych osiągnięć nauki i techniki, analizowanie informacji o potrzebie modyfikacji strategii produkcyjnej i handlowej oferowanych produktów, realizacja zleconych prac badawczych, doradztwo techniczne dla klientów, koordynacja powstawania produktów, nadzór nad wdrażaniem do produkcji nowych produktów i technologii, opracowywanie wyników i sprawozdań z badań, współpraca z zewnętrznymi ośrodkami naukowo-badawczymi. Ponadto reprezentowałem firmę w **kontakcie z kontrahentami zagranicznymi Bayer AG i BASF SE**.

3. W latach 2017-2021 byłem **Przedstawicielem** Katedry Technologii i Ekologii Wyrobów **do kontaktu z otoczeniem biznesowym**. W tym okresie wykonywałem zadania w zakresie: aktualizowania i przygotowywania ofert pracowników Katedry do otoczenia biznesowego, nawiązywania kontaktu z przedsiębiorcami i podmiotami gospodarczymi oraz reprezentowanie Katedry na spotkaniach z otoczeniem biznesowym.

W ostatnim okresie, moja **działalność naukowa** była dwukrotnie nagradzana przez JM Rektora Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie:

- Nagroda Rektora UEK III stopnia za indywidualne osiągnięcie naukowe w 2016 roku,
- Nagroda Rektora UEK III stopnia za indywidualne osiągnięcie naukowe w 2018 roku.

W październiku 2021 roku, jako **kierownik zespołu badawczego UEK**, złożyłem wniosek o dofinansowanie badań przedwdrożeniowych w ramach projektu *Inkubator Innowacyjności 4.0* dla Innowacji Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Tytuł zaproponowanego projektu to: *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w działalności ekoinnowacyjnej przedsiębiorstw z branży WOD-KAN*. Celem badań było opracowanie szeregu modeli decyzyjnych dotyczących wyboru następujących ekoinnowacji: technologicznych (w obrębie produktów i procesów), marketingowych (zmiana koncepcji i technik marketingowych), organizacyjnych (*lean management*, zarządzania jakością) i społecznych (zmiana systemów motywacyjnych, kultury organizacyjnej). Stanowiły one podstawę do opracowania ogólnego modelu decyzyjnego w procesach wdrażania ekoinnowacji, z którego wynika istotność poszczególnych problemów decyzyjnych.

Projekt nie uzyskał dofinansowania.

W grudniu 2021 roku, jako **kierownik zespołu badawczego UEK**, złożyłem wniosek o sfinansowanie grantu *SONATA-17* ze środków Narodowego Centrum Nauki. Tytuł zaproponowanego projektu to: *Czynniki determinujące konsumencką ocenę jakości wody pitnej w miejskim systemie dystrybucji*. Celem badań jest opracowanie modelu oceny konsumenckiej wody wodociągowej, w oparciu o zidentyfikowane czynniki, przy wykorzystaniu metod matematyczno-statystycznych. Zaproponowany model zostanie wykorzystany do przedstawienia mapy konsumenckiej oceny jakości wody pitnej w Gminie Miejskiej Kraków. Możliwość wytypowania za jego pomocą obszarów wymagających szczególnej kontroli jakości wody pozwoli na obniżenie kosztów w stosunku do ponoszonych na jej prowadzenie w całym systemie dystrybucji wody. Opracowany model oceny jakości konsumenckiej wody pitnej może być stosowany w celu: ustalenia przyczyn pogarszania się jakości wody na danym obszarze zasilania; prognozowania zmian jakości wody przy symulacji różnych wariantów rozwoju sieci wodociągowej; wyboru optymalnej strategii rozwoju zrównoważonego systemu zaopatrzenia w wodę pitną.

Aktualnie wniosek jest w trakcie oceny merytorycznej.

.....
(podpis wnioskodawcy)